博士論文　平成21年度（2009）

Mobile Reaching Out：モバイルデバイスの姿勢によって実空間の対象にアクセスするインタラクションデザイン手法の研究

慶應義塾大学　大学院政策・メディア研究科
児玉　哲彦

Mobile Reaching Out：モバイルデバイスの姿勢によって実空間の対象にアクセスするインタラクションデザイン手法の研究

本研究は，近年我々の生活空間において広く利用されるようになり，人々の活動に大きな影響を及ぼしているスマートモバイルデバイスを対象に，情報システムとその利用される場との関係から，そのデザイン手法を検討するものである．

建築に代表されるような我々が活動を行う場のデザインは，人，物，情報の相互のアクセスのセットアップとして構造化されている．スマートモバイルデバイスを用いて，その場での活動を支援する情報システムが実現できると考えられるが，新たなアクセスが導入されることで，場のセットアップが分断され，結果として本来の活動の対象から注意を削いでしまったり，逆にプライベートなコンテンツにアクセスされてしまうという問題を提起する．

本研究では，上述のような問題意識から，実空間の対象を指示して情報にアクセスする操作をデバイスのディスプレイ内で完結させず，周囲の場のセットアップと整合させる Mobile Reaching Out 手法を提案する．そのために，

1. 特定の活動において，実空間の対象とその距離に応じて人が対象にどのように視線を向けてアクセスするかを分析する．
2. 対応したデバイスの姿勢に応じて情報を提示するデザインを提案する．
3. 試作システムを実装する．
4. セットアップに応じた姿勢の変化について，質的および量的な裏付け評価を行う．
5. 提案するデザインが既存手法と比較してアクセスの不整合による問題を起こさないかを評価し，かつデザインの特徴や課題を明らかにする．

というプロセスでデザインの検討を行った．

本研究では 5 種類の情報システムのデザインを提案する．まず近傍にいる相手とのコミュニケーションにおいて，コンテンツの共有を通じて話題を提供する DataJockey と，プライベートなコンテンツを相手に見られずに操作する Hide&Seek．次に，スマートモバイルデバイスは用いないが，Hide&Seek の手法を部屋間のビデオコミュニケーションにおけるプライバシー保護に応用したちらりドア．周辺のエリア情報に関して，同建物内の情報獲得に用いる MapTop，また徒歩圏内の情報獲得に用いる Locoscape である．

裏付け評価，有用性の評価の結果に基づき，個々のデザインおよび Mobile Reaching Out 手法について考察し，今後の展望を示す．

キーワード：モバイル／ユビキタス／コミュニケーション／プライバシー／場所

Mobile Reaching Out: A Study of an Interaction Design Technique to Access the Real Space Object Using the Orientation of the Mobile Device

The goal of this study is to understand the design method of information systems in relation to the place they are used. We especially focused on the smart mobile devices which are recently widely used in our living space and giving major impact to our activities.

As seen in architectural design, the design of places where we act has a structured setup of access done between people, things and information. Information systems such as smart mobile devices are expected to support our activities, but since they introduce new access, the setup of the place may be divided, and cause problems such as loosing attention from the target of the activity itself or get accessed to private content.

Therefore in this study we propose Mobile Reaching Out method that integrates the operation to access to the information about the target in real space with the surrounding place, without limiting the operation inside the device's display. For such purpose, we examined the design in the following process:

1. Analyze the setup of the place and the user in relation to the activity.
2. Propose a design of the information system.
3. Implement prototype systems.
4. Evaluate the setup.
5. Evaluate the proposed designs compared to the existing methods.

Proposed designs are: for supporting the communication with people nearby we propose two systems, one is for sharing contents to provide topic for the conversation (DataJockey) and another is for operating private contents without getting looked at (Hide&Seek). Next one is a system that applied the method of Hide&Seek to the privacy control of room to room video conferencing (Glance-at-Door). There are other two for retrieving the information about the surrounding area, one used indoor (MapTop), and the other used outdoor for walkable area (Locoscape).

Discussions about Mobile Reaching Out method and individual designs are done, and future perspectives are provided.

Keywords: mobile / ubiquitous / communication / privacy / place

目 次

1 章 序論 **1**
1.1 背景 2
1.2 目的 2
1.3 概念の定義 2
1.4 本論文の構成 4

2 章 課題の分析 **8**
2.1 スマートモバイルデバイスの利用方法 9
2.2 情報アクセスの不整合 9
2.2.1 大学の講義の受講 10
2.2.2 近くの相手とのコンテンツ共有 10
2.2.3 展示会ガイドの利用 11
2.3 情報アクセスの不整合の発生理由 11
2.4 情報アクセスの不整合という課題についてのまとめ 11

3 章 研究手法 **12**
3.1 Mobile Reaching Out 手法 13
3.1.1 概要 13
3.1.2 デバイスの姿勢による指示 13
3.1.3 対象によるアクセスの変化 13
3.1.4 距離によるアクセスの変化 14
3.2 本研究における情報システムのデザイン例 14
3.3 デザインの検討プロセス 15

4 章 近傍のコミュニケーション 1 **18**
4.1 支援する活動 19
4.2 想定されるアクセスの不整合 19
4.3 セットアップの分析 19
4.4 デザイン 19
4.4.1 デバイスによる共有空間の構成 23
4.4.2 共有空間の形 23
4.4.3 回転によるコンテンツの交換 23

4.5 試作システム１ 24
4.5.1 概要 24
4.5.2 システム構成 24
4.5.3 操作方法 26
4.5.4 試作システム１の問題点 27
4.6 試作システム２ 27
4.6.1 概要 27
4.6.2 システム構成 28
4.6.3 操作方法１ 仮想テーブルの操作 30
4.6.4 操作方法２ 仮想テーブルと実空間の配置の対応付け 31
4.7 セットアップの検証 31
4.7.1 実験目的 31
4.7.2 実験環境 32
4.7.3 被験者 32
4.7.4 実験方法 33
4.7.5 アンケートの結果 33
4.7.6 アンケートの考察 34
4.7.7 参加者の位置の結果 35
4.7.8 参加者の位置の考察 37
4.8 有用性の評価 37
4.8.1 実験目的 37
4.8.2 実験環境 37
4.8.3 被験者 40
4.8.4 実験方法 40
4.8.5 結果 42
4.8.6 考察 47

5 章 近傍のコミュニケーション２ 48
5.1 支援する活動 49
5.2 想定されるアクセスの不整合 49
5.3 セットアップの分析 49
5.4 デザイン 50
5.5 試作システム 50
5.6 セットアップの検証 51
5.6.1 実験目的 51
5.6.2 実験環境 51
5.6.3 被験者 51
5.6.4 実験方法 51
5.6.5 結果 52
5.6.6 考察 54

5.7 有用性の評価 54
5.7.1 実験目的 54
5.7.2 実験環境 54
5.7.3 被験者 55
5.7.4 実験方法 55
5.7.5 結果 55
5.7.6 考察 56

6 章 同建物内＋遠隔のコミュニケーション 59
6.1 支援する活動 60
6.2 想定されるアクセスの不整合 60
6.3 セットアップの分析 60
6.3.1 ドアの役割 60
6.3.2 ドアの種別 60
6.3.3 ドア以外の遮蔽物 61
6.4 デザイン 61
6.5 試作システム 1：シンプル版 61
6.6 試作システム 2：高機能版 62
6.7 システム構成 63
6.8 セットアップの検証 64
6.8.1 実験目的 64
6.8.2 実験環境 64
6.8.3 被験者 64
6.8.4 実験方法 65
6.8.5 結果 65
6.8.6 考察 67
6.9 有用性の評価 68
6.9.1 実験目的 68
6.9.2 実験方法 68
6.9.3 結果 68
6.9.4 考察 69
6.10 運用実験 69
6.10.1 実験目的 69
6.10.2 実験方法 69
6.10.3 観察結果 69
6.10.4 アンケート結果 70
6.10.5 考察 71

7 章 建物内における周辺情報提示 72
7.1 支援する活動 73
7.2 想定されるアクセスの不整合 73

7.3 セットアップの分析 73
7.4 デザイン 74
7.5 試作システム 75

8 章 徒歩圏内における周辺情報提示 78
8.1 支援する活動 79
8.2 想定されるアクセスの不整合 79
8.3 セットアップの分析 79
8.4 デザイン 79
8.5 試作システム 81
8.5.1 機能 81
8.5.2 システム構成 82
8.6 有用性の評価 82
8.6.1 実験方法 83
8.6.2 結果 85
8.6.3 考察 88
8.7 運用実験 89
8.7.1 実験方法 90
8.7.2 結果 90
8.7.3 考察 93

9 章 関連研究 95
9.1 概念的枠組み 96
9.1.1 ユビキタスコンピューティング 96
9.1.2 実世界指向コンピューティング 97
9.1.3 Calm Technology 97
9.1.4 コンテクスト指向 97
9.1.5 アフォーダンス 99
9.1.6 タンジブルとアンビエント 99
9.1.7 Embodied Interaction 100
9.1.8 スマートモバイルデバイスの姿勢による操作 100
9.1.9 インタフェースの二重接面性 101
9.1.10 本研究の位置付け 101
9.2 近傍のコミュニケーション 102
9.2.1 単独のデバイスによるコミュニケーションの支援 102
9.2.2 マルチコンピュータアプローチ 105
9.2.3 複数のデバイスの位置関係 105
9.2.4 複数のデバイスによるコミュニケーションの支援 105
9.2.5 近傍のコミュニケーションにおけるプライバシー制御 107
9.2.6 本研究の位置付け 107
9.3 同建物内＋遠隔のコミュニケーション 108

9.3.1 遠隔コミュニケーションのプライバシー制御 108
9.3.2 インタフェースとしてのドア 111
9.3.3 近傍におけるセットアップの遠隔コミュニケーションにおける反映111
9.3.4 本研究の位置付け 113
9.4 周辺情報提示 113
9.4.1 地図インタフェース 113
9.4.2 拡張現実感（AR）インタフェース 116
9.4.3 ズーミング地図インタフェース 117
9.4.4 本研究の位置付け 117
9.5 社会科学研究 119
9.5.1 概要 119
9.5.2 儀礼としての社会的インタラクション 119
9.5.3 物理的セットアップの役割 121
9.5.4 情報システムの及ぼす影響 124
9.5.5 まとめ 127

10 章 考察 128
10.1 Mobile Reaching Out 手法について 129
10.1.1 姿勢による入力 129
10.1.2 ユーザビリティ 129
10.1.3 主観的評価 130
10.1.4 デザイン手法としての有用性 130
10.2 デザインの検討プロセスについて 131
10.2.1 デザインの提案 131
10.2.2 試作システムの実装 131
10.2.3 セットアップの検証 131
10.2.4 有用性の評価 132
10.2.5 デザインプロセスについてのまとめ 132

11 章 今後の展望 133
11.1 Mobile Reaching Out の応用可能性 134
11.1.1 フォーマルなコミュニケーション 134
11.1.2 ゲーム／エンターテイメント 135
11.1.3 距離によるモダリティと情報量の変化 135
11.2 デザインプロセスの再検討 135
11.2.1 インタラクションの適切さの指標 135
11.2.2 利用される場のセットアップの多様性 136
11.2.3 利用者の来歴の多様性 136
11.2.4 まとめ：情報システムとのエンゲージメント 136
11.3 ユビキタス環境のデザインツール 137
11.3.1 情報システムと場の一体的記述 137

11.3.2 情報システム：UML 137
11.3.3 建築空間：図面 138
11.3.4 両者の統合として：Rapid Place Development の提案 139

12 章 結論 **141**
12.1 課題の分析 142
12.2 研究手法 142
12.3 近傍の相手とのコミュニケーション 1 142
12.4 近傍の相手とのコミュニケーション 2 143
12.5 同建物内＋遠隔のコミュニケーション 143
12.6 建物内における周辺情報提示 144
12.7 徒歩圏内における周辺情報提示 144
12.8 ユビコンプ研究としての位置付け 145
12.9 考察 145
12.10今後の展望 145
12.11結論 145

謝辞 **147**

本研究に関連した対外発表 **148**

参考文献 **152**

付録 A デバイスの姿勢計測技術について **159**
A.1 姿勢計測技術の要件 159
A.2 ジャイロセンサー 160
A.3 磁気方位＋加速度センサー 1 161
A.4 磁気方位＋加速度センサー 2 162
A.5 非接触スイッチ 163

図 目 次

1.1 論文の構成 7

2.1 透過アクセス型と活動支援型 9
2.2 情報アクセスの不整合 10

3.1 対象への視線とデバイスの姿勢 14
3.2 本研究におけるデザイン例の位置付け 15
3.3 個々のデザインの検討プロセス 17

4.1 少人数の対面会話における位置関係 20
4.2 DataJockey の概念図 21
4.3 DataJockey を利用する様子 21
4.4 角度による仮想テーブル上の位置の推定 22
4.5 回転による画像コンテンツの移動 22
4.6 試作システム１のクライアント 24
4.7 試作システム１の構成 25
4.8 試作システム１の操作方法 27
4.9 試作システム２のクライアント 28
4.10 試作システム２の構成 29
4.11 TruePoint 姿勢センサー 29
4.12 試作システム２の操作方法 31
4.13 仮想テーブル上の位置 32
4.14 実験環境 32
4.15 提示した画像 34
4.16 話しやすさについてのアンケート結果 34
4.17 ディスプレイの見やすさについてのアンケート結果 35
4.18 正三角形型の配置 36
4.19 二等辺三角形型の配置 36
4.20 位置関係の結果 1〜4 38
4.21 位置関係の結果 5〜7 39
4.22 グループ／条件毎の被験者の平均距離 40
4.23 評価実験の様子 41
4.24 写真コンテンツの例 41

4.25 グループ毎のアクション数合計 43
4.26 グループ毎の主観評価の得点合計 44
4.27 グループ (c) のアクション数内訳 45
4.28 グループ (f) のアクション数内訳 46
4.29 グループ (f)：同じディスプレイにするために一列になる様子 47

5.1 デバイスの私的な利用 49
5.2 Hide&Seek の概念図 50
5.3 Hide&Seek 試作システム 51
5.4 実験の様子 52
5.5 ディスプレイの提示方法 53
5.6 提示した画像 53
5.7 デバイスの姿勢の結果 54
5.8 secret 画像の例 55
5.9 ボタンによる表示／非表示の切り替え 56
5.10 遂行時間（グループ間平均） 57
5.11 視認回数（グループ間平均） 57
5.12 主観評価得点（5 段階，グループ間平均） 58

6.1 ちらりドアのコンセプト 62
6.2 シンプル版の機能 62
6.3 高機能版の機能 63
6.4 システム構成 64
6.5 実験環境の様子 65
6.6 家の個室と職場の平均角度 66
6.7 家におけるタスクと周囲の他者による二元配置の分散分析 66
6.8 職場におけるタスクと周囲の他者による二元配置の分散分析 67
6.9 運用実験を行った環境 70
6.10 運用実験のアンケート結果 71

7.1 俯瞰地図と利用者視点表示の切り替え 74
7.2 MapTop 試作システム：利用者視点表示 75
7.3 MapTop を使用する来場者 1 75
7.4 MapTop を使用する来場者 2 76
7.5 分類の切り替えによる球体のサイズ変更 76
7.6 システム構成 77

8.1 視線と端末の姿勢の変化 79
8.2 Locoscape の概念図 80
8.3 試作システムの動作例 82
8.4 試作システムの画面例 83
8.5 システム構成図 84

8.6 Locoscape システムにおける表示 85
8.7 地図システムにおける表示 86
8.8 被験者毎のブラウジングの遂行時間 86
8.9 閲覧の行いやすさ 87
8.10 全般的な満足度 88
8.11 全般的な満足度 89
8.12 事故危険箇所情報表示 90
8.13 Q１：携帯からの情報内容が理解できましたか？の結果 91
8.14 Q２：今回の携帯からの情報が役に立ちましたか？の結果 91
8.15 Q３：携帯に表示された場所の実際の位置がわかりましたか？の結果 . 92
8.16 Q４：携帯で情報を取得した場所はどこですか？の結果 92
8.17 Q５：このシステムを日常生活の中で違和感なく利用できましたか？の結果 93

9.1 本研究の概念的枠組み 96
9.2 Digital Family Portrait の利用イメージ [Mynatt01] 98
9.3 タンジブルビッツにおける Periphery の説明 [Ishii97] 100
9.4 ToolStone の利用イメージ [Rekimoto00] 101
9.5 MRO 手法に置ける二重接面性 102
9.6 近傍のコミュニケーション研究における本研究の位置付け 103
9.7 サイバー囲炉裏の利用イメージ [Matsubara02]） 104
9.8 DiamondTouch の利用イメージ（筆者が撮影） 104
9.9 Pick&Drop の利用イメージ [Rekimoto97] 105
9.10 U-Texture の利用イメージ [Kohtake05] 106
9.11 ConnecTables の利用イメージ [Tandler01] 107
9.12 Ubitable の利用イメージ [Shen03] 108
9.13 同建物内＋遠隔のコミュニケーション研究における本研究の位置付け . 109
9.14 Peepholes の実装イメージ [Greenberg96] 110
9.15 プライバシー制御システムの実装イメージ [Neustaedter03] 110
9.16 PortHoles の実装イメージ [Dourish92] 111
9.17 DoorMouse の実装イメージ [Buxton05] 112
9.18 ClearBoard の利用イメージ [Ishii92] 113
9.19 遠隔地とテーブルの回転を共有する例 [Uesugi04] 114
9.20 遠隔地と障子の影を共有する例 [Miwa04] 114
9.21 周辺情報提示の研究における本研究の位置付け 115
9.22 地図表示の例 [GoogleMaps] 116
9.23 AR 表示の例 [Feiner97] 117
9.24 ズーミング地図インタフェースの例 [Minakuchi95] 118
9.25 Point-to-Geoblog の距離の入力および画面表示 [Robinson08] 118
9.26 F-formation の例 [Kendon90] 123
9.27 Social Mobiles[IDEO03] 125

11.1 ユースケース図の例 138
11.2 平面図の例 [Nishizawa06] 139
11.3 RAD ツールの例 140

A.1 JST-1 160
A.2 TruePoint Compass Module 161
A.3 InertiaCube3 163
A.4 タグを貼付けた板 164

表 目 次

4.1 試作システム１のクライアント 26
4.2 試作システム１のサーバー 26
4.3 試作システム２のクライアント 30
4.4 試作システム２のサーバー（試作システム１と同じ） 30
4.5 実験 1 の結果（グループ平均） 42
4.6 グループ (c) のアクション数におけるシステムの利用に関連した項目数 45

8.1 地域での実証実験における質問項目 94

A.1 報告計測技術の特徴 160
A.2 JST-1 の特徴 161
A.3 TruePoint の特徴 162
A.4 InertiaCube3 の特徴 162
A.5 Phidgets RFID の特徴 163

1章

序論

概要

本研究の背景と目的を概観し，論文全体の構成について述べる．また本研究で扱う特徴的な概念を定義する．

1.1 背景

本研究は，近年我々の生活空間において広く利用されるようになり，人々の活動に大きな影響を及ぼしているスマートモバイルデバイスを対象に，情報システムとその利用される場との関係から，そのデザイン手法を検討するものである．

インターネットおよびパーソナルコンピュータに代表されるような情報システムが広く用いられるようになった．情報システムを用いることで，我々のコンテンツの獲得および他者とのコミュニケーションは拡張された．まず，空間的な制約を超えて，遠隔地のコンテンツや，遠隔地の相手へのアクセスすることが可能となった．また，時間的な制約を超えて，過去のコンテンツにアクセスしたり，相手に非同期にアクセスすることが可能となった．

特に近年，高機能な携帯電話に代表されるようなスマートモバイルデバイスが広く利用されるようになってきた．スマートモバイルデバイスは，モバイルブロードバンドへの接続および PC と同様の高度なアプリケーションソフトウェアの実行によって，上述したような情報システムをいつでもどこでも利用できるようになった．このことによって，移動中や近くの相手との会話中など，PC を利用することは困難だった多様な場において，コンテンツを活用するという利便性をもたらした．

スマートモバイルデバイスは，ネットワークを通じてコンテンツにいつでもどこでもアクセスために，このような利便性をもたらすことができると考えられる．一方でアプリケーションが適切にデザインされなければ，不適切なアクセスが発生してインタラクションに悪影響をおよぼすという問題を生じる．一例としては，スマートモバイルデバイスを用いた展示会ガイドシステムが挙げられる．展示会ガイドの目的は展示物についてのコンテンツを提示し，理解を深めることであるが，デザインを誤るとデバイスに注意を向けるあまり肝心の展示物を見ないといったことが起こる．結果，適切な支援が行えないことがある．

1.2 目的

本研究では，上述のような背景を踏まえ，スマートモバイルデバイスを用いた情報システムのデザイン手法を検討する．そのために，人間が活動する場において活動の対象へのアクセスがいかにセットアップされているか，および情報システムがそのセットアップに与える影響を考慮し，適切なアクセスのセットアップによって活動の効果的な支援を実現するデザイン手法 *Mobile Reaching Out* を提案し，複数のデザイン例を通じてその有効性を検証する．

1.3 概念の定義

本論文において用いる特徴的な概念および用語を定義する．

(1) 情報システム

演算装置，通信装置，入出力装置から成るシステムで，コンテンツの入力，交換，蓄積，処理，出力を行うもの．

(2) スマートモバイルデバイス

近年広く用いられるようになった，片手で保持して利用される情報システム．スマートモバイルデバイスの例としては高機能携帯電話，デジタルメディアプレーヤ，携帯ゲーム機，電子書籍リーダーなどが挙げられる．

これらのデバイスにおいては，手に持って利用するためにサイズの制約があり，概ね 2 インチから 5 インチを上限としたディスプレイによって情報提示を行う．近年ではタッチディスプレイの機器が増加し，また位置や姿勢，方位のセンサーを備えて入力操作に用いるものも多い．また，多くのデバイスにおいてワイヤレスでネットワークに接続する機能が標準的に搭載されるようになっており，ネットワークを通じてさまざまなコンテンツにアクセスすることが可能となっている．このような特徴を持ったスマートモバイルデバイスが，広く一般に利用されている．本論文では単にデバイスと表記することもある．

本研究の対象とするスマートモバイルデバイスの要件

- 2〜5 インチの表示ディスプレイ
- 位置，姿勢，方位等のセンサーによる入力
- ネットワーク接続機能

(3) アクセス

人間が行う，人や物，場についての知覚，および操作による働きかけ．本研究では，対象を見る，音を聴く，手で触る，動かす，といった身体による直接のアクセスと，情報システムを用いた間接的なアクセスの 2 種類を扱う[1]．本研究では，人間の活動の中で，実際にアクセスが行われるかどうかだけでなく，アクセスを行うことが可能な状態に置かれているか，という点に着目する．

(4) インタラクション

本研究では，インタラクションを，上述のアクセスが時間軸上で行なわれるプロセスと定義する．インタラクションというと一般的には双方向性が想定されるが，個人が物や情報システムを用いて活動を行う場合にも，物や情報システムのありようが活動に影響を及ぼすことから，本研究ではインタラクションとして扱う．

[1] この区分は，9 章 1.9 節において詳述するように，佐伯 [Saeki88] の提唱したインタフェースの二重接面性に対応している．

(5) コミュニケーション

人対人のインタラクションの中で，特に記号による意味の交換を行うものを指す．

(6) 場

本研究において鍵となる概念であるため，2 章において詳しく論じるが，ここでは簡潔に述べると人間がインタラクションを行う上で利用できる，あるいはインタラクションに影響をおよぼす資源の総体である．

(7) 場のセットアップ

場を定義付ける構成要素としては人，建築，物として什器および設備，その中でも特に情報システムを含むメディア，等が挙げられる．そして，人間が行うインタラクションは，それぞれの要素に対してどのような位置関係にあり，結果的にどのようなアクセスが可能であるか，によって影響される．本研究では，このような場の構成要素，その位置関係，およびその結果として可能になるアクセスをまとめて場のセットアップと呼ぶ．

1.4 本論文の構成

本論文の構成を図 1.1 に示す．

1 章 序論

本研究の背景と目的を概観し，論文全体の構成について述べる．また本研究で扱う特徴的な概念を整理する．

2 章 課題の分析

さまざまな場においてスマートモバイルデバイスが用いられる際に，活動の場の情報アクセスのセットアップとの不整合が生じて悪影響をおよぼす場合を示し，そのような問題を生じるデザインについて分析する．

3 章 研究手法

本章では，研究手法について述べる．活動支援型の情報システムのデザインにおいて，活動の対象を指示して情報にアクセスする操作を，活動の場のセットアップと整合させたデザインを実現する Mobile Reaching Out 手法を提案し，そのデザインの提案，試作，セットアップの裏付けおよび有用性の検証のプロセスを説明する．

4 章 近傍のコミュニケーション 1

近傍のコミュニケーションにおけるスマートモバイルデバイスの利用について述べる．パーソナルなコンテンツを共有することによる会話の促進を行う情報システムを提案する．

5 章 近傍のコミュニケーション 2

DataJockey のようなパーソナルなコンテンツを利用する情報システムにおいて，誤ってプライベートなデータを相手に見せてしまうという問題が生じうる．デバイスの姿勢によって，デバイスのディスプレイを自分だけで見ているか，他人と共有しているかを入力し，プライベートなコンテンツの表示を適切に切り替える．評価実験を通じて，被験者はボタンにより切り替えと比較して本手法を好むことが明らかとなった．

6 章 同建物内＋遠隔のコミュニケーション

遠隔の相手との，ネットワークカメラを用いたコミュニケーションについて述べる．同建物内と遠隔とのコミュニケーションを整合させるため，特にドアの開閉が部屋の内外の情報アクセスの制御に用いられている点に着目し，部屋間のビデオコミュニケーションのプライバシー保護に利用する情報システムを提案する．

7 章 建物内における周辺情報提示

建物内におけるスマートモバイルデバイスを用いた周辺情報提示について述べる．人間がデバイスの画面を見る際の視線の方向によって，利用者の興味のあるエリアの範囲を入力し，俯瞰地図と利用者視点の切り替えに用いる情報システムを提案する．

8 章 徒歩圏内における周辺情報提示

屋外の徒歩圏内におけるスマートモバイルデバイスを用いた周辺情報提示について述べる．人間がデバイスの画面を見る際の視線の方向によって，利用者の興味のあるスポットへの距離を入力し，ズーム状態のスクロールに用いる情報システムを提案する．

9 章 関連研究

ユビキタスコンピューティング，および社会科学における先行研究を紹介し，本研究の背景および新規性といった位置付けを示す．

10 章 考察

本章では，Mobile Reaching Out 手法およびデザインプロセスについて，デザインの提案および評価を通じて得られた知見をまとめる．Mobile Reaching Out 手法を用いたデザインは，既存手法との比較を行った結果，主観評価においては評価が高かったが，ユーザビリティのパフォーマンスについては差が見られなかった．デザインプロセスについては，多くのデザイン試作システムを通じて示したこと，およびセットアップの定量的な検証を行ったことは本研究の大きな貢献である．一方でその有用性の評価には本質的な限界があった．

11 章　今後の展望

Mobile Reaching Out 手法の今後の展望を述べる．まず．本研究で提案した以外の活動やデバイスにおける応用について述べる．次に，考察においても課題として述べた有用性の評価について検討し，デザインプロセスにおいて提案と評価のフェーズが分断されているという課題およびその解決方法を述べる．今後，情報システムとその利用される場を一体的にデザインするために，ユビキタス環境のデザインの記述し設計するためのツールの可能性を述べる．

12 章　結論

本研究の成果についてまとめ，総括を行う．

付録 A　デバイスの姿勢計測技術について

本研究で提案した手法は，いずれもデバイスの姿勢を取得する技術を用いている．研究の過程で得られた，デバイスの姿勢計測技術に関する知見を付記する．

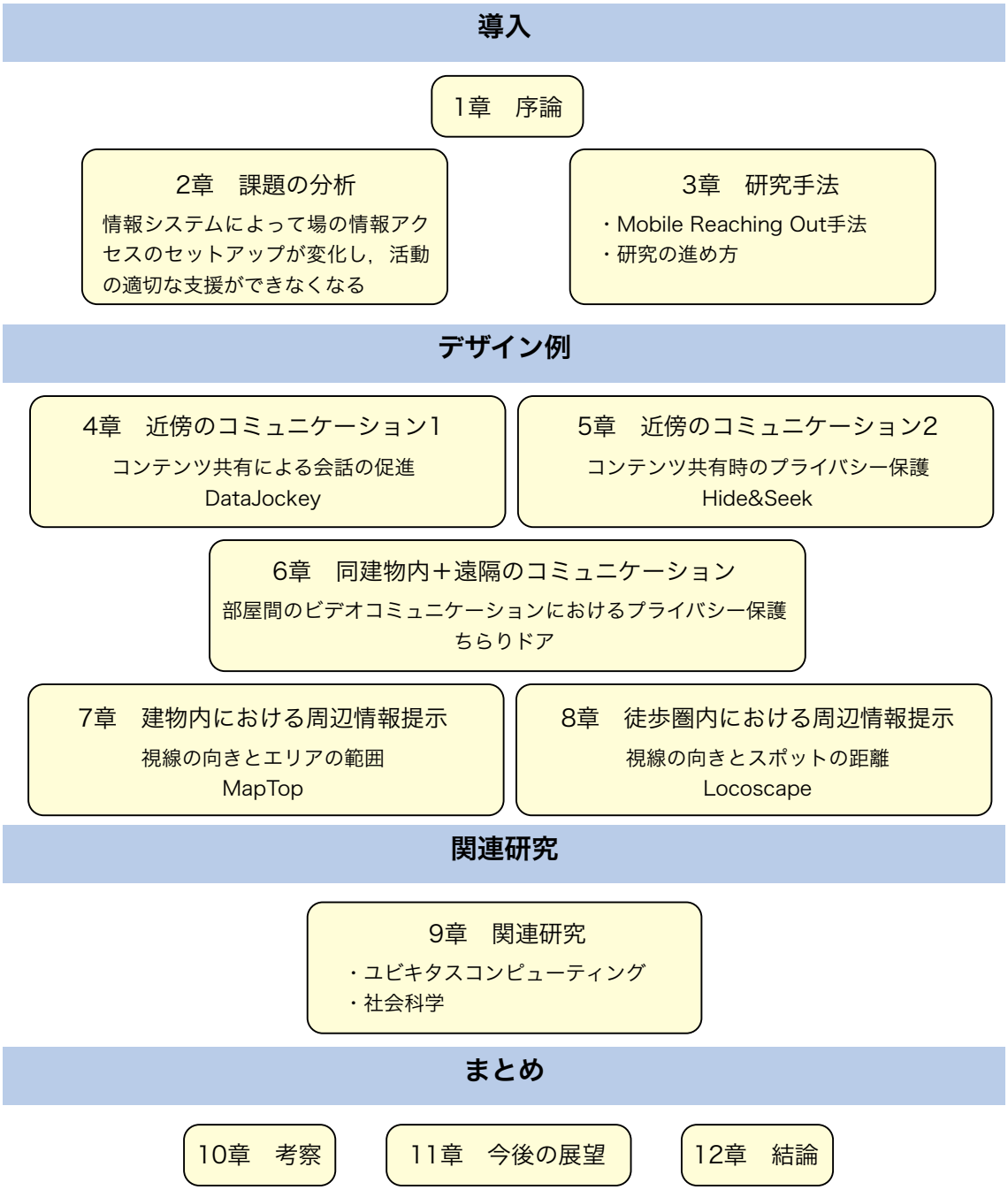

導入
1章　序論
2章　課題の分析
情報システムによって場の情報アクセスのセットアップが変化し，活動の適切な支援ができなくなる
3章　研究手法
・Mobile Reaching Out手法
・研究の進め方
デザイン例
4章　近傍のコミュニケーション1
コンテンツ共有による会話の促進
DataJockey
5章　近傍のコミュニケーション2
コンテンツ共有時のプライバシー保護
Hide&Seek
6章　同建物内＋遠隔のコミュニケーション
部屋間のビデオコミュニケーションにおけるプライバシー保護
ちらりドア
7章　建物内における周辺情報提示
視線の向きとエリアの範囲
MapTop
8章　徒歩圏内における周辺情報提示
視線の向きとスポットの距離
Locoscape
関連研究
9章　関連研究
・ユビキタスコンピューティング
・社会科学
まとめ
10章　考察
11章　今後の展望
12章　結論

図 1.1: 論文の構成

2章

課題の分析

概要

さまざまな場においてスマートモバイルデバイスが用いられる際に，活動の場の情報アクセスのセットアップとの不整合が生じて悪影響をおよぼす場合を示し，そのような問題を生じるデザインについて分析する．

2.1 スマートモバイルデバイスの利用方法

スマートモバイルデバイスの利用方法としては，サイズや入力装置が限定されているため，PC で行うような書類の作成やコンテンツの作成といった複雑なタスクは困難である．スマートモバイルデバイスの例を考えると，主な利用方法は１）コミュニケーション（携帯電話など），２）コンテンツへのアクセス（デジタルメディアプレーヤー，携帯ゲーム機，電子書籍リーダーなど）である．

これらの情報システムはさらに，活動の対象（人，コンテンツ）について，利用者の置かれている場との関係において 2 種類に分類することができる．それは，遠隔地にいる相手やその場とは切り離されているコンテンツにいつでもどこでもアクセスするタイプと，その場にいる相手や周辺の場所にアクセスしてその場での活動を支援し，いまだけここだけでアクセスするタイプである．前者を透過アクセス型，後者を活動支援型と定義する（図 2.1）．

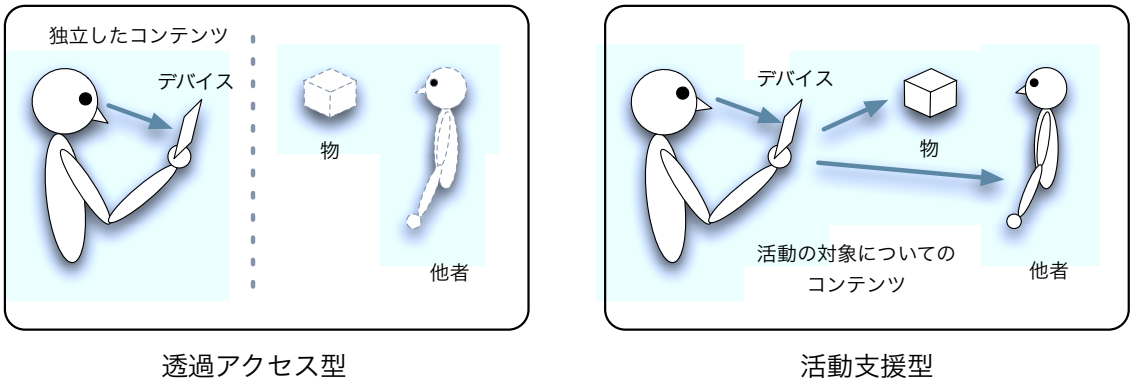


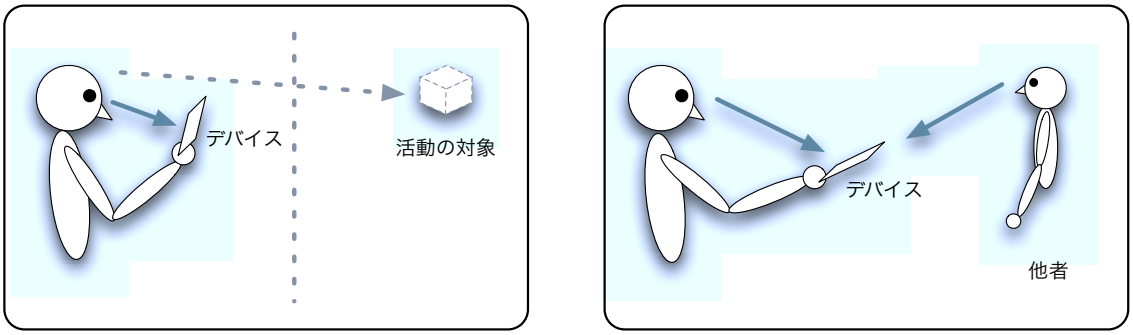
図 2.1: 透過アクセス型と活動支援型

2.2 情報アクセスの不整合

透過アクセス型の情報システムの例としては，携帯電話の通話や一般のウェブサイトの閲覧などが挙げられる．これらのアプリケーションの利用者においては，その場とは関係ない対象へのアクセスしか存在せず，そもそもその場から切り離された状態になることを目的としている．

一方，活動支援型においては，近くの相手とのデータ交換や周辺情報の閲覧などの情報システムが挙げられる．このような情報システムの利用者は，デバイスと，周囲の人を含む場との，双方の対象にアクセスする．このような情報システムが適切にデザインされていない場合，利用者は複数の対象へのアクセスをうまくコントロールすることを要求されるが，一般的にこのような課題は大きな負荷となるので，結果として注意を削いだりプライバシーの侵害など問題が生じる（図 2.2）．以下に，スマート

モバイルデバイスがさまざまな場で用いられる際に，そのような不整合が生じる具体例を示す[1]．



注意を削いでしまう　　プライベートなコンテンツを見られてしまう

図 2.2: 情報アクセスの不整合

2.2.1 大学の講義の受講

今日では，大学の講義を受講する多くの学生がノート PC を利用している．将来はスマートモバイルデバイスでも行われる可能性がある．従来の紙のノートの代替としてノートを取る，あるいは講義の内容でわからなかった単語などを調べるうえでは有効だと考えられる．一方で，関係ないウェブサイトを閲覧する，チャットやメールを行うなど，講義とは関係ないコンテンツにアクセスして注意が削がれてしまう場合も多い．

多くのコンテンツにアクセスできることはデバイスが提供する利便性そのものであり，原因を帰することは出来ない．ここで問題なのは，多くの場合デバイスのディスプレイは利用者のみが閲覧できるようになっており，その中での活動が講師らから確認できないというデザインにある．従来の講義の空間であれば，教科書，ノート，講義資料などのコンテンツの利用は周囲からアクセスしてチェックされるため，講義と関係のないコンテンツを利用することは難しかった．

2.2.2 近くの相手とのコンテンツ共有

近くの相手と会話を行っている中で，携帯電話に保存された写真やメールなどのコンテンツを見せて話題を提供したり，アドレスなどのコンテンツを共有することは広く行われている．その際に，デバイスの操作に注意を取られることで，かえって本来の目的である相手とのインタラクションがおろそかになる場合がある．

[1]HMD やディスプレイを通して見える風景にコンテンツを重ね合わせて，対応する場所や物のコンテンツを提示する拡張現実感（AR）手法は，このような問題に対する一つの解決策であるが，以下に述べるような個別の課題を必ずしも適切に解決できない．本研究では，それらの課題についてインタラクションの不整合を生じないデザインを提案する．

加えて，コンテンツを共有しようとして一覧を表示する際などに，誤って見せたくないプライベートなコンテンツを見られてしまう場合がある．

2.2.3 展示会ガイドの利用

多くの美術館や博物館では音声やパンフレットによる展示会ガイドを提供している．これらに加えて，スマートモバイルデバイスを用いてコンテンツを提供する試みが行われている．しかし，多くの事例において，コンテンツへのアクセスは利用者の注意をそちらへ向けさせてしまい，肝心の展示物を見る時間が減ってしまうという問題が生じている．

2.3 情報アクセスの不整合の発生理由

このような問題の生じる理由をより詳しく見てみる．

人間は，情報システムを用いなければ，基本的に身体を用いて活動の対象にアクセスする．例えば講義の資料のように活動の参加者間で共有することが適切なコンテンツは，講師の背後のスクリーンに投影するなどして受講者が講師と資料の双方を見やすくする．逆に，プライベートなコンテンツは他人の視線に触れないように隠して利用するなどする．このように，情報システムが利用される以前の場は，その性質やそこで行われる活動に合わせて，意識せずとも適切なアクセスが行われるようにセットアップされている．

ところが，多くの活動支援型の情報システムにおいても，活動の対象を指示してコンテンツにアクセスする操作はデバイスのディスプレイ内で完結し，利用者の視線がどこへ向けられているかといった，その置かれた場のセットアップとは関係なく行われる．ゆえに，利用者がデバイスを通じてコンテンツにアクセスすることで，活動の対象への注意が削がれたり，プライバシーが侵害されたりするなどの問題が生じうる．

2.4 情報アクセスの不整合という課題についてのまとめ

スマートモバイルデバイスの利用法は主にコミュニケーションとコンテンツへのアクセスであり，それぞれについて透過アクセス型と活動支援型があることを示した．そして，活動支援型の情報システムのデザインにおいて，活動の対象を指示してコンテンツにアクセスする操作がデバイスのディスプレイ内で完結し，利用者の視線がどこへ向けられているかといった活動の場のセットアップを考慮していないことから，本来の目的である活動の対象への注意が削がれたり，プライバシーが侵害されたりするような問題が生じることを示した．

このような分析に基づき，次章においては，活動の対象を指示してコンテンツにアクセスする操作を活動の場のセットアップと統合させる Mobile Reaching Out 手法を提案する．

3章

研究手法

概要

本章では，研究手法について述べる．活動支援型の情報システムのデザインにおいて，活動の対象を指示して情報にアクセスする操作を，活動の場のセットアップと整合させたデザインを実現する Mobile Reaching Out 手法を提案し，そのデザインの提案，試作，セットアップの裏付けおよび有用性の検証のプロセスを説明する．

3.1 Mobile Reaching Out 手法

3.1.1 概要

活動支援型の情報システムのデザインにおいて，これまでに提案されてきたデザインにおいては前章で述べたような情報アクセスの不整合を生じている場合がある．このような不整合を生じないためには，活動の行われる場のセットアップのパターンを分析し，活動の対象と情報システムに対するアクセスが整合するように配慮したデザインを行う必要がある．本研究では，特にスマートモバイルデバイスを用いたシステムを対象に，デザインを行ううえでの手順および留意点をまとめた．このデザイン手法を，スマートモバイルデバイスを通して活動の対象にアクセスする，という特徴から Mobile Reaching Out と呼ぶ.

3.1.2 デバイスの姿勢による指示

スマートモバイルデバイスにおける情報への主なアクセス方法はディスプレイ表示である．多くの場合にはディスプレイのコンテンツに対してタッチやボタンによる入力操作を行う．しかし，このような操作はその置かれた場のセットアップとは独立している．

そこで，Mobile Reaching Out 手法では，デバイスの姿勢と利用者の視線の関係に着目した．利用者の視線がどのように向けられているかは，多くの場合に活動の中でどの対象にアクセスしているかと関連している．例えば近くの相手と話をしている際には相手と向き合う，遠くの景色を見る際には視線を上げる，などである．その際，スマートモバイルデバイスのディスプレイを同時に見るとすると，デバイスがいかなる姿勢を取るかは図 3.1 に示すように視線の方向と対応する．ここで活動の対象の種別，利用する場等が限定されていれば，デバイスの姿勢を計測して入力として用いることで，誰がどの対象にアクセスしているかを指示する操作として用いることができる．結果として，提示するコンテンツを対応付けることができると考えられる．以下に，より詳細な議論を行う.

3.1.3 対象によるアクセスの変化

活動支援型の情報システムにおいては，周囲の人とコミュニケーションを取る，あるいは周囲の物，スポットのコンテンツを得るという利用法が考えられる．本研究における情報システムのデザイン例としては，特に人とのコミュニケーションと，周辺のスポットについてのコンテンツを用いる.

ここで人とコミュニケーションする場合には，個人でデバイスを利用している場合とは異なり，デバイスの内容を相手が見ることができるかによって，表示すべきコンテンツが変化する．デザイン例においても，プライベートなコンテンツの表示を切り替えるデザインを提案する.

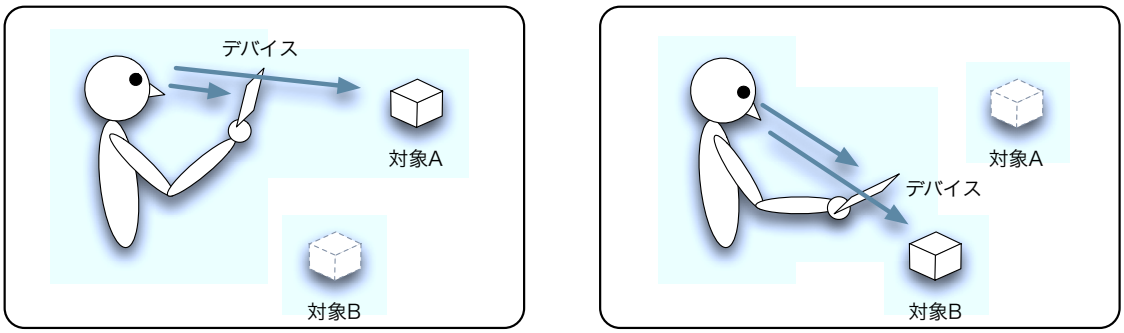


図 3.1: 対象への視線とデバイスの姿勢

3.1.4 距離によるアクセスの変化

物を手で操作する，近くにいる相手と会話をする，街で近くの店を探すなど，活動の対象との距離によってアクセスの方法は変化する．特に視線の方向によってどこにアクセスするかという意味付けも変化する．ゆえに，同じ活動でも，距離によって適切なデザインが変化する．

3.2 本研究における情報システムのデザイン例

図 3.2 に，本研究における Mobile Reaching Out 手法を用いた情報システムのデザイン例を，対象と距離によって分類して示す．図には，参考のために関連する先行手法も一部示している．

まず，近傍にいる相手とのコミュニケーションについては，モバイルゲームや赤外線を用いたデータ交換などが考えられる．しかし，これらの多くは情報アクセスの不整合をデザインに内在しており，本研究ではコンテンツの共有を通じて話題を提供する DataJockey システムを提案する（4 章）．DataJockey のような情報システムを用いる際にはまた，相手から意図せずプライベートなコンテンツを相手に見られてしまうという問題が存在するので，プライベートなコンテンツの表示を適切に切り替える Hide&Seek システムを提案する（5 章）．

同建物内〜遠隔の範囲においては，通話やテキストメッセージングなどのツールが用いられている．これらはいずれも決まった距離の相手と用いる場合には問題ないが，複数の距離の相手と同時にコミュニケーションを行おうとすると，不整合が生じる場合がある．ここで，同建物内と遠隔とのコミュニケーションを整合させるため，ドアの開閉をビデオコミュニケーションのプライバシー保護に利用するちらりドアシステムを提案する（6 章）．

次に，周辺情報提示について述べる．まず，利用者が見ることのできる近傍のスポットについての情報を，利用者の視野に重ね合わせて表示する Augmented Reality（AR）

手法が提案されている．一方でスポットへの距離が大きくなり，対象を直接視認できなくなると，AR の有効性は薄れる．一般にこのような場合には地図が用いられている．が，7 章，8 章で詳しく述べるように，地図を読むことと実際の空間の中のナビゲーションには不整合が生じる場合がある．そこで，まず同建物内の周辺情報提示について，利用者の興味のあるエリアの範囲を入力し，俯瞰地図と利用者視点の切り替えを行う MapTop システムを提案する（7 章）．最後に，徒歩圏内の周辺情報提示については，MapTop のように俯瞰地図と利用者視点の詳細情報だけでなく，より遠方の地点の詳細も得たいと考えられる．そこで，利用者の視線の方向によって，遠方のスポットへの距離を入力する Locoscape システムを提案する（8 章）．

以下の 4 章〜8 章において，これら 5 種類のデザインについて述べる．

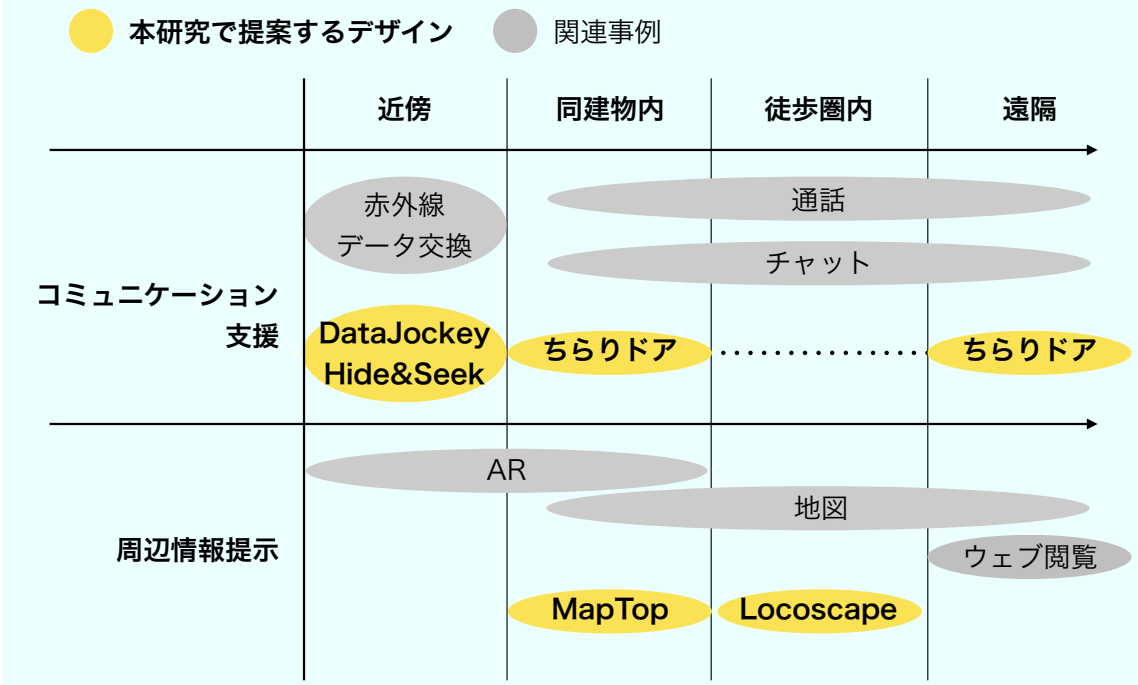


図 3.2: 本研究におけるデザイン例の位置付け

3.3 デザインの検討プロセス

個々のデザインにおいて，図 3.3 のようなプロセスで検討を行った．

1. 特定の活動において，活動の対象とその距離に応じて人が対象にどのように視線を向けてアクセスするかを分析する．

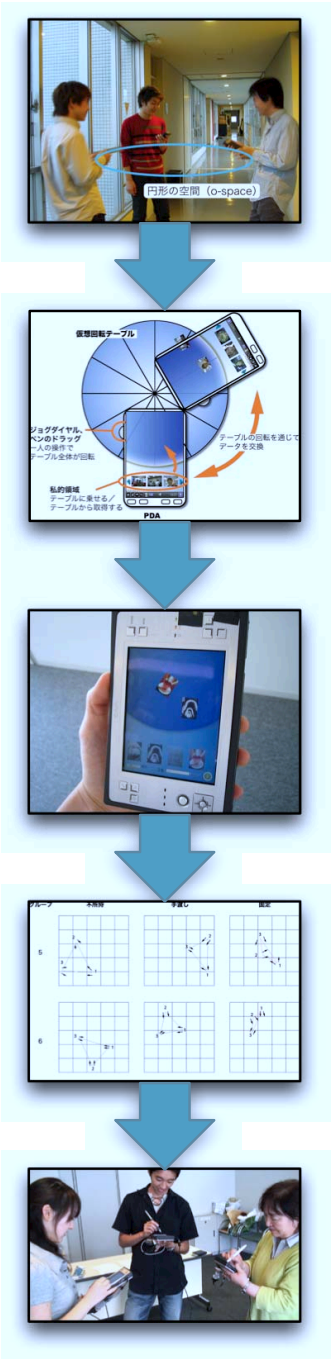
2. 対応したデバイスの姿勢に応じてコンテンツを提示するデザインを提案する．

3. 試作システムを実装する．

4. セットアップに応じた姿勢の変化について，質的および量的な裏付け評価を行う．

5. 提案するデザインが既存手法と比較してアクセスの不整合による問題を起こさないかを評価し，かつデザインの特徴や課題を明らかにする．

なおセットアップの裏付けおよび有用性の評価については，一部のデザインでは実施していない．



1．特定の活動において，活動の対象とその距離に応じて人が対象にどのように視線を向けてアクセスするかを分析

2．対応したデバイスの姿勢に応じてコンテンツを提示するデザインを提案

3．試作システムを実装

4．セットアップに応じた姿勢の変化について，質的および量的な裏付け評価

5．提案するデザインが既存手法と比較してアクセスの不整合による問題を起こさないかを評価し，かつデザインの特徴や課題を明らかにする

図 3.3: 個々のデザインの検討プロセス

4章

近傍のコミュニケーション1

概要

近傍のコミュニケーションにおけるスマートモバイルデバイスの利用について述べる。パーソナルなコンテンツを共有することによる会話の促進を行う情報システムを提案する.

4.1 支援する活動

本章では，近傍のコミュニケーションを，スマートモバイルデバイスを用いて促進するアプリケーションを提案する．このような状況において，会話のきっかけとして写真などのパーソナルなコンテンツを提示したり，アドレスを交換することが広く行われている．このように，デバイスを介したパーソナルなコンテンツの共有によってコミュニケーションを促進できると考えられる．

4.2 想定されるアクセスの不整合

上述のような情報システムを考えた場合，デバイスの小さなディスプレイを複数の参加者と共有することは難しい．赤外線や Bluetooth 等の無線通信を用いて参加者のデバイス間でコンテンツを交換することも考えられるが，一般に手間と時間がかかる．また通常は一対一の通信となり，同時に複数の参加者とコンテンツを共有することは難しい．さらに，そのような操作を行っている最中はデバイスに注意が向けられ，会話が途切れてしまう．以下のセットアップの分析から，このような問題を解消する方法を探る．

4.3 セットアップの分析

近くにいる少人数（2 人〜5 人程度）のコミュニケーションにおいては，多くの場合に互いの間に一定の空間を取ったうえで，なるべく互いの顔や姿に視線を向けるため，円形に中心を向いて並ぶ（図 4.1）．その際間には円形の空間（o-space）が構成される．

社会学者の A.Kendon はこのような位置関係を **F-formation** と定義した [Kendon90]．F-formation はなぜ生じるのか．Kendon は，それを人間の知覚／操作のアクセス可能範囲によって説明する．こうした位置関係は

- 相手との社会関係に応じた距離を取る
- 相手の様子を知覚する
- 共有された物などの対象に一緒にアクセスする

という条件を満たすために行われる．

4.4 デザイン

DataJockey は，近傍のコミュニケーションを，スマートモバイルデバイスを用いて促進する情報システムである．DataJockey の概念図を図 4.2 に示す．また試作システムを利用する様子を図 4.3 に示す．

図 4.1: 少人数の対面会話における位置関係

DataJockey では，一人一台の複数のスマートモバイルデバイスを円周上に配置する．利用者は円形の配置を取り，かつデバイスを中心方向に向けて配置する，つまりデバイスは円周上に中心を向いて存在すると仮定する．すると，センサーによりデバイスの向いている方位を取得することで，円周上の位置を決定することができる（図 4.4）．

ディスプレイは下部の私的コンテンツ領域と，上部の共有テーブル領域とに分かれる．

ペンでディスプレイをドラッグすると共有テーブルを回転させることができる．デバイスは無線ネットワークを介して連動し，仮想の中華テーブルを構成する．仮想中華テーブルはデバイスをまたがって一つに連結しており，一つのディスプレイで個人のコンテンツをテーブルに乗せ，テーブルを回転すると，乗っているコンテンツをデバイスからデバイスへ交換できる（図 4.5）．

DataJockey のデザインにおいて，Mobile Reaching Out 手法がどのように適用されているかを述べる．まず，近傍のコミュニケーションにおける参加者の位置関係において，相手の様子の知覚および共有の物の操作といったアクセスの要求から円形になることを示した．結果，それぞれの参加者が持っているスマートモバイルデバイスを前に差し出すと，この円形の空間の中にそれぞれのデバイスが参加者の向いている方向を向いて置かれることになる．この円形に配置されたデバイスを，コンテンツの共有を行うための共有空間とする．このようなデザインにより，参加者がコンテンツの共有を一つの同じ空間の中で行うことができる．その際に，他の参加者の顔を見たり会話を行うことも可能であり，コミュニケーションへの注意が削がれないと考えられる．

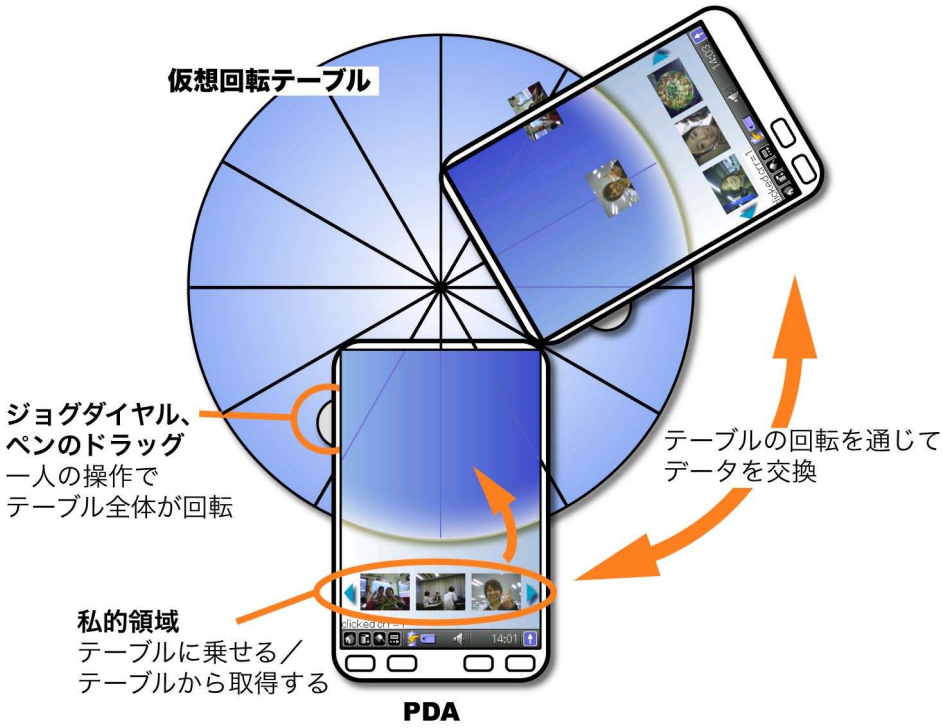


図 4.2: DataJockey の概念図

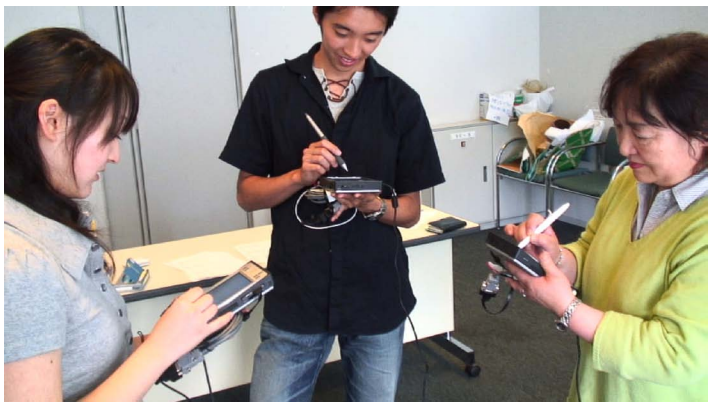


図 4.3: DataJockey を利用する様子

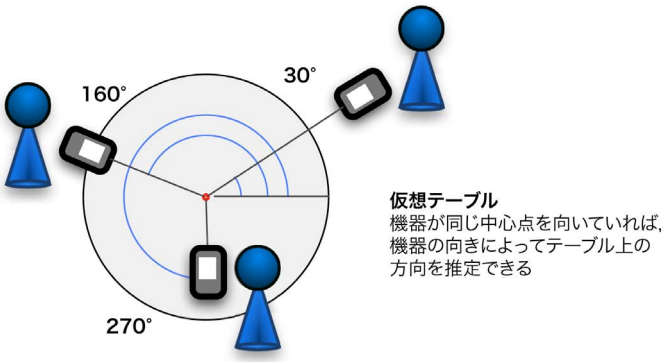


図 4.4: 角度による仮想テーブル上の位置の推定

図 4.5: 回転による画像コンテンツの移動

4.4.1 デバイスによる共有空間の構成

近傍のコミュニケーションにおいて，コンテンツの共有を行いながら他の参加者とのインタラクションを維持するためには，どのようなコンテンツが利用されているか，また誰がどのコンテンツにどのようにアクセスしているかが他の参加者に対しても可視化されることが適切である．DataJockey では，個々の参加者が所持するデバイスを連結して，仮想の中華テーブルを模したコンテンツ共有のための一つの空間として用いる．

4.4.2 共有空間の形

セットアップの分析より，少人数の対面会話においては，一般的に F-formation（円形に並び，かつ中心方向を向く）が取られることがわかった．そこで参加者が，各々の持つデバイスを正面に差し出すと，それらは円形の配置になる．そのため構成される共有空間を円形のテーブルとした．

このことで，以下のようなメリットが得られる，まず，会話の参加者のアクセスする対象が共通化される．かつ，利用できるディスプレイの面積は個別のデバイスよりも大きくなる．また共有空間と私的空間が明確に可視化されているため，アップロードやダウンロードといった作業においてネットワークのトポロジーが目に見えるので直感的である．

4.4.3 回転によるコンテンツの交換

共有空間をこのように設定したうえで，中華テーブルのメタファを用い，テーブルの回転によってコンテンツを共有する．利用者は，実空間の位置関係を認識したうえで，その方向への回転によって直感的にコンテンツを交換できる．また，テーブルを回転させてコンテンツを手元へ持ってくると，そのディスプレイにおいて見やすい向きとなっているという利点もある．

この回転によるコンテンツ交換には，単に直感的であるというだけでなく，コミュニケーションを促進する作用がある．中華テーブルにおいては，テーブルの動きが共有されることで，コンテンツそのものだけでなく，コンテンツの移動のアクションも常に可視化されるという利点がある．その結果，相手に頼んで皿を回してもらう，食物を取ろうとしたタイミングで他者がテーブルを回転して取ることに失敗するなど，交換自体が調整のためのコミュニケーションを喚起する．実際に，後の節で DataJockey の評価実験について報告するように，回転によるコンテンツの交換を積極的に活用することで，他の手法と比べてアクションが増加する事例が見られた．

4.5 試作システム 1

4.5.1 概要

DataJockey の有用性を検討するため，2 種類の試作システムを実装した．DataJockey を実装するための要件としては，無線通信機能を備えていること，2 インチ以上のディスプレイを備えていること，またテーブルの回転やコンテンツのアップロード／ダウンロードを行うための入力装置を備えていることが求められる．最初の試作システム 1（図 4.6）においては，市販されている SONY 社の無線通信機能を備えた CLIE PDA[Sony06-1] において実装を行った．

図 4.6: 試作システム 1 のクライアント

4.5.2 システム構成

本システムの構成を図 4.7 に示す．

クライアント：dclient

クライアントの機器には CLIE PDA を用い，クライアントプログラム dclient を Palm OS のネイティブアプリケーションとして実装を行った．dclient では共有テーブルの一部分が表示され，個人の機器に保存された画像をテーブル上に配置すること，またジョグダイヤルによってテーブルを回転することが可能である．

サーバー：dserv

サーバーには Linux PC を用い，サーバープログラム dserv を gcc で開発を行った．dserv の機能は，各クライアントから配信されてきたテーブルへの画像の配置と回転を矛盾なく同期し，各 dclient で状態が一致するようにすることである．

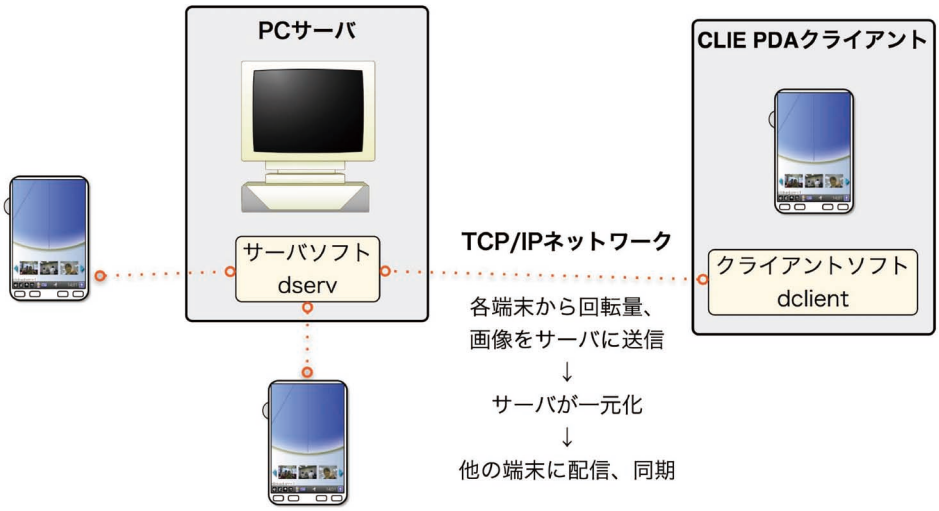


図 4.7: 試作システム 1 の構成

通信機構

以下に情報の同期のための通信機構の詳細を述べる．

通信部分は一般的なソケットプログラミングによって実装した．ソケットを用いて画像やファイルのような大容量のデータ転送を行うクライアントプログラムでは，多くの場合通信コマンドとデータのソケットを個別に作成し，セマフォなどの手法を用いてリソースへのアクセスを管理し，同期した処理を行う．しかし，本機で用いた Palm OS 5 にはマルチスレッド機能がないため，そうした実装が困難である．本システムにおいては，サーバーとクライアントの双方がコマンドのキューを持ち，双方がポーリングを行って，準備が整ってからコンテンツや回転量の共有を実行する．こうした実装により，安定した通信を実現したが，一方で性能的には不利になる．

まず，dclient は dserv の稼働するマシンの IP アドレスを持ち，アプリケーションが起動すると同時に IEEE802.11b 無線通信機能を介して dserv への接続を試みる．

dclient においてはテーブルは 3.33° 単位で回転することが可能であり，回転量は 8bit の数値として送信される．画像コンテンツは，JPEG 画像を 160*120 に縮小するとともに，16bit/pixel のビットマップデータに変換され転送を行っている．これらのテーブルに加えられた変更の情報は，PDA のキューに保存される．ポーリングを行い接続している dserv が通信可能な状態になったことを確認すると，dserv へ送られる．dserv はまた自身のキューに，変更の情報を保存する．他の接続している dclient が通信可能な状態になると，キューに保存された変更を転送する．

画像コンテンツは，一台でテーブルに乗せるとサーバーへの画像の転送が開始され，サーバーはさらにその画像を他のクライアントへ配信しキャッシングする．一方で，回転が行われ画像が回転してくるまで，ユーザは新しい画像が転送されたことを意識しない．結果，画像の転送にかかる時間はほぼ意識されない．こうした設計により画像

の枚数が増えても回転の同期には影響を及ぼさない．

使用機材

上記の本システムの使用機材を表 4.1，4.2 にまとめた．

表 4.1: 試作システム 1 のクライアント

機器	**SONY CLIE（NX73V × 1，NZ90 × 2）**
ネットワーク	IEEE801.11b 接続（インフラ）
ディスプレイ解像度	320 × 480
入力インタフェース	ペン，ジョグダイヤル

表 4.2: 試作システム 1 のサーバー

機器	**PC サーバー**
ネットワーク	100-BASE TX 接続
CPU	Athlon XP 2000+
メモリ	512MB
OS	RedHat Linux 9

4.5.3 操作方法

図 4.8 に本システムの操作方法を示す．

図にあるように CLIE PDA はジョグダイヤルを備える．ジョグダイヤルを回転することでテーブルを回転させる．後述するように，ユーザテストではこの機能をユーザは自然に利用することができた．ディスプレイ下方にあるのは，PDA のローカルストレージの特定のディレクトリに保存された画像の一覧である．左右の矢印をペンでタップすることでスクロールする．

私的領域の画像コンテンツは，CLIE PDA に内蔵されたカメラで撮影した写真を自動登録する．名前の昇順に 32 枚までの画像を登録する．ダウンロードした画像もこの覧に，手持ちの 32 枚に加えて 16 枚まで入る．テーブルには 30° に 1 枚ずつ，計 12 枚の画像を保存することができる．

画像のアップロードとダウンロードは，それぞれ画像をタップすることで行われる．ダウンロードした画像は私的領域に入る．画像をアップロードする際にはアップロードしたユーザの ID が保存される．また，画像に一行コメントを書き込むこともできる．すでに画像のある場所へアップロードすると，既存の画像は上書きされる．

図 4.8: 試作システム 1 の操作方法

4.5.4 試作システム 1 の問題点

CLIE PDA の性能／機能の制約から，試作システム 1 には複数の問題があった．これらを解消するために，高性能な小型 Windows PC において実装したのが，次の試作システム 2 である．

まず，テーブルに乗せられる画像の枚数の制約がシステムの使用を限られたものにしていた．これは CLIE PDA のグラフィック性能の乏しさと，搭載するメモリの少なさによる．これらはより高性能な CPU と大容量のメモリを搭載した PC であれば解消できる．

次に，前述した通信プロトコルの問題から，回転の同期の遅延が大きく，操作する上で無視できないほど大きくなった．試作システム 2 では通信部分に Macromedia Flash Communication Server を用いることで，この問題を解消した．

本システムではデバイスの回転座標系上の位置を自動で決定することはできず，各デバイスの位置は数値を手動で入力して設定している．この機能を実現するためには，角度又は方位センサーの搭載が必要であった．試作システム 2 では，USB 接続可能な角度センサーを用いた．

4.6 試作システム 2

4.6.1 概要

試作システム 1 に見られた問題点は，

1. テーブルに乗る画像の枚数

2. グラフィック性能の乏しさ
3. 回転の遅延
4. 仮想テーブル上の位置と実空間の配置の対応
5. 私的領域の隠蔽
6. 上記二点のためのデバイス角度の検知

であった．試作システム 2 においては，これらを解消するために，高性能な PC への移植を行い，また角度センサーの実装を行った（図 4.9）．

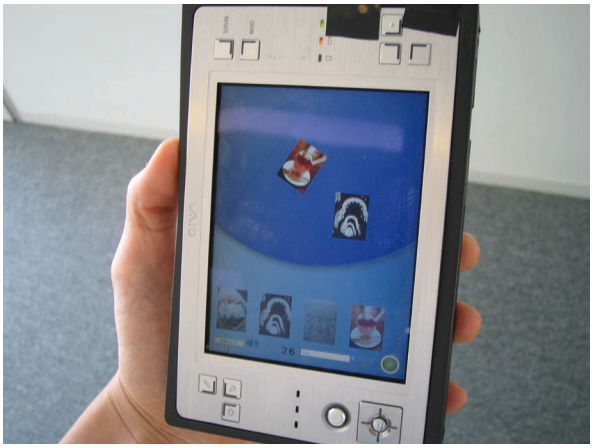


図 4.9: 試作システム 2 のクライアント

4.6.2 システム構成

図 4.10 に試作システムの構成を示す．試作システムは，フロントエンドを Macromedia Flash[Adobe06] で作成し，サーバーに Flash Communication Server（FCS）[Adobe08] を用いたクライアント／サーバー構成となっている．

クライアントにはタッチパネル搭載の小型 Windows PC VAIO type U[Sony06-2] を用いた．クライアントのテーブルの位置の対応付けと，Hide & Seek インタフェースのためのデバイスの姿勢の取得は，PointResearch 社の Truepoint 方位／姿勢センサー [Truepoint03]（図 4.11）を利用した．Truepoint は磁気と加速度により，3 軸のそれぞれを誤差 1° の精度で姿勢を計測する．時間分解能は 50Hz である．センサーデータは RS-232C シリアル通信でクライアント PC へ転送され，Java プログラムが読み込む．Java プログラムとフロントエンドの Flash プログラムとの通信は Flash の通信機能である XMLSocket 対応であり，機能拡張可能なオープンソースの Java サービス gpss[Amoi04] を使用した．

各デバイスが共有テーブルに対して行った操作（テーブルの回転・画像の配置・取得）はFCSを介してクライアント間で共有する．画像データはすべてウェブ上に置き，FCSではURLのみを転送した．サーバーはPentium 4，メモリ1GHzのWindows XP PCサーバーを用いた．

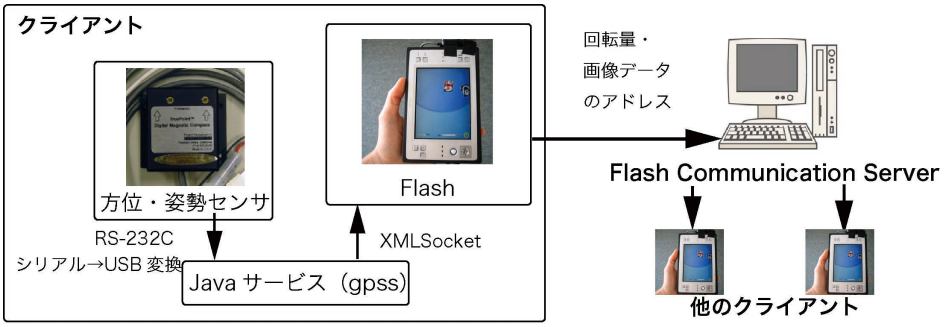


図 4.10: 試作システム 2 の構成

図 4.11: TruePoint 姿勢センサー

サーバーで稼働させたFCSは，クライアントのFlashムービーを通信を行い，異なるデバイスで動作するFlashムービー間で，メッセージの発行とテキストや数値を含むオブジェクトの交換を可能にするソフトウェアである．実装をMacromedia Flashの開発環境で行うことができ，同時に複数のクライアントが一つのオブジェクトにアクセスしても同期を自動で行うなど，開発の利便性が高い．回転量と画像の同期の管理はFCSのこうした機能を用いて行った．

画像の転送に関しては，画像をPC内ではなくリモートに置き，設定用の外部テキストファイルによって読み込む画像を指定できるようにした．この仕様により，評価

実験のために画像を入れ替えやすくした．また URL のみをやり取りするため，試作システム１と比較して通信の負荷が軽減した．

試作システム１と同様のキャッシングの仕組みにより，画像の枚数は回転の同期に影響しない．

使用機材

上記の本システムの使用機材を表 4.3，4.4 にまとめた．

表 4.3: 試作システム２のクライアント

機器	**VAIO type U**
ネットワーク	IEEE801.11g 接続（インフラ）
ディスプレイ解像度	1024*600
入力インタフェース	ペン，角度センサー

表 4.4: 試作システム２のサーバー（試作システム１と同じ）

機器	**PC サーバー**
ネットワーク	100-BASE TX 接続
CPU	Pentium 4 1.8Ghz
メモリ	1GB
OS	Windows XP SP2

4.6.3　操作方法１　仮想テーブルの操作

本システムの操作方法を図 4.12 に示す．

試作システム１と大きく違うのは，Flash のグラフィック性能を活かし，仮想テーブル上の好きな位置に画像を配置でき，かつ事実上無制限の枚数を配置できることである．評価実験においては，この点が利用法の大きな違いをもたらした．また個人の画像コンテンツの登録は４枚までとした．

その他の機能の操作は基本的には変わらないが，ジョグダイヤルを備えないためほぼすべての操作をペンのドラッグによって行う．

左下にあるのは角度センサーのリセットボタンである．ここで用いた角度センサーは相対的な方向しかわからないため，クライアント間でキャリブレーションを行う必要がある．そこでこのボタンを用いる．

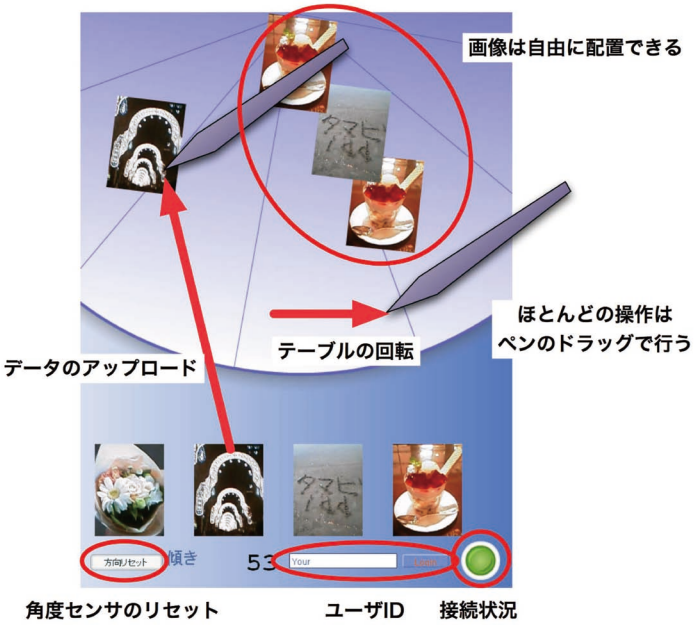


図 4.12: 試作システム 2 の操作方法

4.6.4　操作方法 2　仮想テーブルと実空間の配置の対応付け

本研究では，少人数の対面コミュニケーションにおいて，参加者が円形かつ中心を向いた配置になることを前提としている．そして，仮想テーブルはアドホックに形成される．ここでユーザと機器の物理的なレイアウトに，仮想テーブル上の位置を対応づけるには，前者を計測してユーザの位置関係を推定する必要がある．

角度センサーを用いて機器の向いている角度の情報によって，円形の仮想テーブルの角度座標系上のユーザの位置を推定する（図 4.13）．

本システムでは方位をリアルタイムに 30Hz で取得している．

4.7　セットアップの検証

4.7.1　実験目的

スマートモバイルデバイスのディスプレイを通じて視覚的なコンテンツを共有する場合，共有方法として 1) コンテンツを互いに手渡しする（**手渡し条件**），2) 一人が持っているコンテンツを全員が見る（**固定条件**），3) 会話中には利用せず事前に見る（**不所持条件**），といったものが考えられる．本実験ではまず，被験者が，対面会話時のスマートモバイルデバイスを用いたいずれの共有方法を好むかを調べた．次に，共有方法に応じた被験者の位置関係の違いを調べた．

図 4.13: 仮想テーブル上の位置

4.7.2　実験環境

実験環境は図 4.14 にあるような大学の会議室を使用した．床には，テープを用いて 3m 四方の範囲に 60cm 毎のグリッドを引いた．

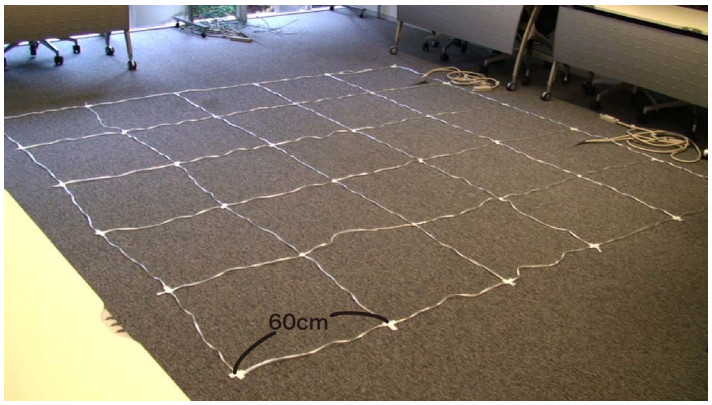


図 4.14: 実験環境

4.7.3　被験者

被験者は 21 名，主に大学生である．年齢は 20〜53 歳，性別は男性 16 名女性 5 名であった．

4.7.4 実験方法

被験者は，3 人 1 グループで実験を行った．グループはなるべく知己どうしで組むようにした．各グループは，不所持／手渡し／固定のそれぞれの条件の下で，4.5 インチのディスプレイを搭載した小型 PC（VAIO type UX）を用い，デバイスのディスプレイに表示されている画像について 2 分間ずつ会話するよう指示された．その際，被験者は実験環境に引かれたグリッド内なら自由に動き回ることができる．各条件の試技を始める前には，被験者を一ヶ所に集め，立ち位置をリセットした．

実験の様子はビデオカメラによって記録した．実験者は，グリッドを利用し，2 分経過時の各々の被験者の足の位置を目視で記録した（10cm 単位）．また実験終了後に被験者は，会話の行いやすさ及びディスプレイの見やすさについて，好ましかった条件及びその理由を，質問紙を用いて回答した．

それぞれの試技における教示の内容は以下の通りである：

不所持条件 こちらにあるデバイスの画像を見て，2 分ほど話をしてください．

手渡し条件 また，デバイスのディスプレイを見ながら 2 分ほど話をしてください．ただし，デバイスを手渡しながら見せ合ってください．

固定条件 次に，デバイスのディスプレイを見ながら 2 分ほど話をしてください．ただし，デバイスは手渡しせずに一カ所で見せ合ってください．

また質問紙の設問は以下の通りである：

1. 最も会話が行いやすかった条件
（　何も持たない　・　手渡し　・　一ヶ所で見せ合う　）–選択
その理由：–自由記述

2. 最もディスプレイを見ることが行いやすかった条件
（　何も持たない　・　手渡し　・　一ヶ所で見せ合う　）–選択
その理由：–自由記述

表示した画像の内容は，共通の話題となりやすいことを考慮し，観光地の風景を用いた．図 4.15 に一覧を示している．グループによって表示する画像及びその順番を変えて表示した．

4.7.5 アンケートの結果

アンケートの結果は，図 4.16，4.17 の通りであった．

話しやすさについては，意見が均等に分かれた．その他の 1 件は，判断できないという回答であった．自由記述のコメントより，選択の違いは被験者がいかなる要素を優先させたかによることがわかった．まず不所持条件を選択した被験者は，デバイスがかえって会話への集中を妨げる，またデバイスを見るために他の参加者との距離が

図 4.15: 提示した画像

近くなることを理由として述べた．手渡し条件の選択理由は，ディスプレイの見やすさであった．固定条件の選択理由は，参加者が同じディスプレイを一度に閲覧できることであった．

次に，ディスプレイの見やすさについては，21 人中 17 人と多数が手渡し条件を選んだ．

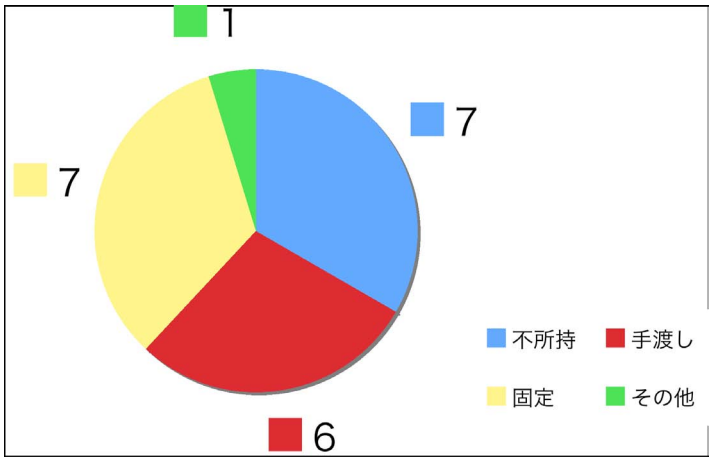


図 4.16: 話しやすさについてのアンケート結果

4.7.6 アンケートの考察

スマートモバイルデバイスのディスプレイに視覚的なコンテンツを提示して，会話の支援に用いる場合，被験者は自らの手元でデバイスを閲覧することを好む．これは，一般的なデバイスに搭載されている液晶ディスプレイは，視野角やサイズの制約のためであると考えられる．このことから，DataJockey インタフェースでは，個々人が自らの手元のデバイスを閲覧するデザインを選択する．

ただし会話の支援という観点からは，

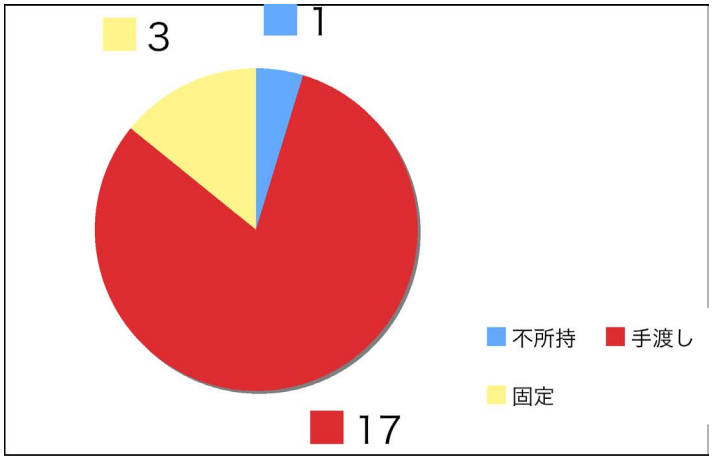


図 4.17: ディスプレイの見やすさについてのアンケート結果

- 他の参加者と同じディスプレイを見たい
- 他の参加者との距離を保ちたい

というニーズも存在しているので，支援システムのデザインにおいても配慮が必要である．DataJockey では，前者に関しては複数のデバイスを一つの大きなディスプレイとして利用することで解消している．一方で，そのディスプレイは複数のディスプレイの合成であるため，単独のデバイスのディスプレイを複数人で閲覧する場合に比べると（Kendon のいうところの o-space）を大きく取れる．

4.7.7　参加者の位置の結果

位置の結果を図 4.20，4.21 に示す．矢印は被験者の足の位置を示している．図の中の数字は被験者番号である．

まず，体の向きについて考えると，ほぼ全ての場合に被験者の位置から構成される三角形の内側を向いており，かつ言葉を交わす相手やデバイスの位置により細かく変化するために分析が行いにくい．ゆえに，ここでは三角形の形に着目した．結果，不所持条件の多く（6/7）及び手渡し条件の多く（5/7）では被験者は正三角形型の配置が多く見られた（図 4.20，4.21 の青い三角形，図 4.18）．

一方で固定条件の多く（5/7），あるいは手渡し条件であってもデバイスを持っている人間が固定化する（2/7）と，その一人を取り囲むように頂角が鈍角の二等辺三角形型の配置が多く見られた（図 4.20，4.21 の赤い三角形，図 4.19）．

正三角形型においては，最大の角度が 80° 未満であった．一方二等辺三角形型においては，頂角が 80° 以上，概ね鈍角であった．

次に，条件間の距離の違いについて検討する．特徴的なのは，不所持条件において被験者どうしの距離が大きいことである．この点を検証するため，個々の被験者の位

図 4.18: 正三角形型の配置

図 4.19: 二等辺三角形型の配置

置を両足の矢印の始点（踵）の中間点として，グループ毎に参加者どうしの平均距離を算出した．結果のグラフを図 4.22 に示す．平均値は不所持条件：140cm，手渡し条件：92cm，固定条件：90cm であった，アンケートの結果から手渡し条件を採用することにしたため，手渡し条件と，他の二つの条件との平均値の差の検定を行った．結果，不所持条件との間には有意差が見られた（$t(9)=5.3$，$p < 0.01$）が，固定条件との間には有意差が確認できなかった（$t(10)=0.25$，$p < 0.01$）．ちなみに手渡し条件における．正三角形型の配置の 5 グループの平均は，97cm であった，

4.7.8 参加者の位置の考察

手渡し条件を特徴付ける点は，まず正三角形型の配置である．この点については不所持条件でも同様である．本実験の被験者は主に学生で，かつ知己どうしであり，このように社会関係が対等な場合の対面会話においては，通常位置関係も均等になろうとする傾向が見える．一方で，一人が持つデバイスのディスプレイを他の参加者が一緒に見ようとする場合には，同じディスプレイを覗き込むために一列に近い二等辺三角形型の配置になる．DataJockey はこれらの条件では手渡しに近いことから，参加者が均等になる円形の配置を前提とすることの適切さが確かめられた．

次に，手渡し条件，あるいは固定条件においては，不所持条件と比べて有意に距離が近くなる．DataJockey においては，概ね手渡し条件と同様の距離，すなわち平均的に言って 90cm 強の距離を取ると予測できる．アンケート結果から，あまり距離が近くなることは不快であることがわかっている．かつ，固定条件においては平均値に差がなくとも，デバイスを持っている参加者と他の二人との距離は相対的に近くなることを指摘したい．正三角形型の配置であることにより，他の参加者との距離を平均的に最大化できるのである．

4.8 有用性の評価

4.8.1 実験目的

DatJockey のデザインの有用性を示すため，DataJockey を用いた場合と，デバイスを直接見せ合った場合とで，コミュニケーションの活発さを比較する実験を行った．

4.8.2 実験環境

実験環境は，大学の会議室の中をテーブルで 180cm 四方に囲った領域である．使用機材は試作システムのみである．被験者は実験中常に立っており，実験環境内を自由に移動した．被験者はそれぞれ 1 台ずつ試作システムのデバイスを持っている．実験環境の全体と，被験者の操作や会話の様子を，2 台のビデオカメラで撮影した．

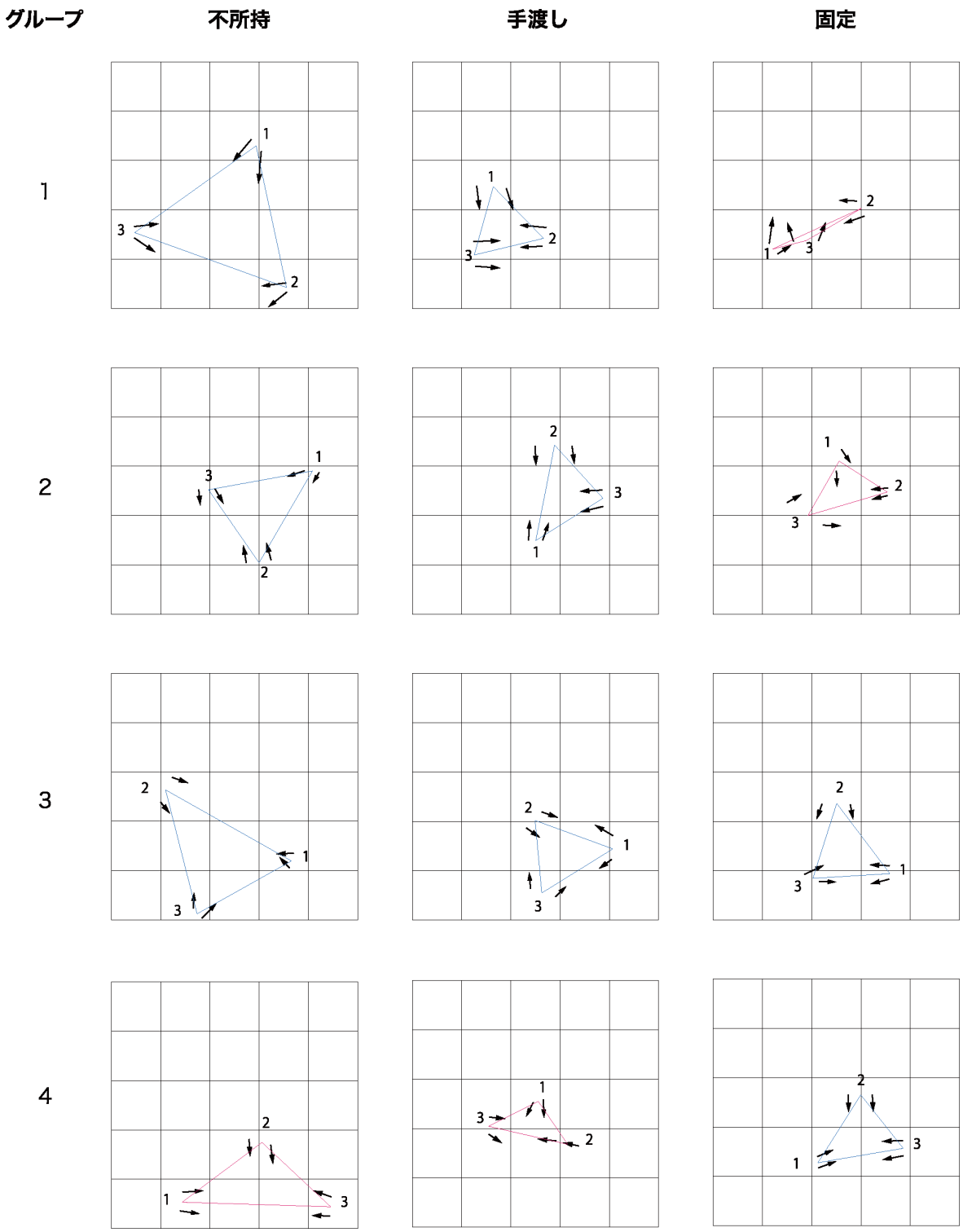


図 4.20: 位置関係の結果 1〜4

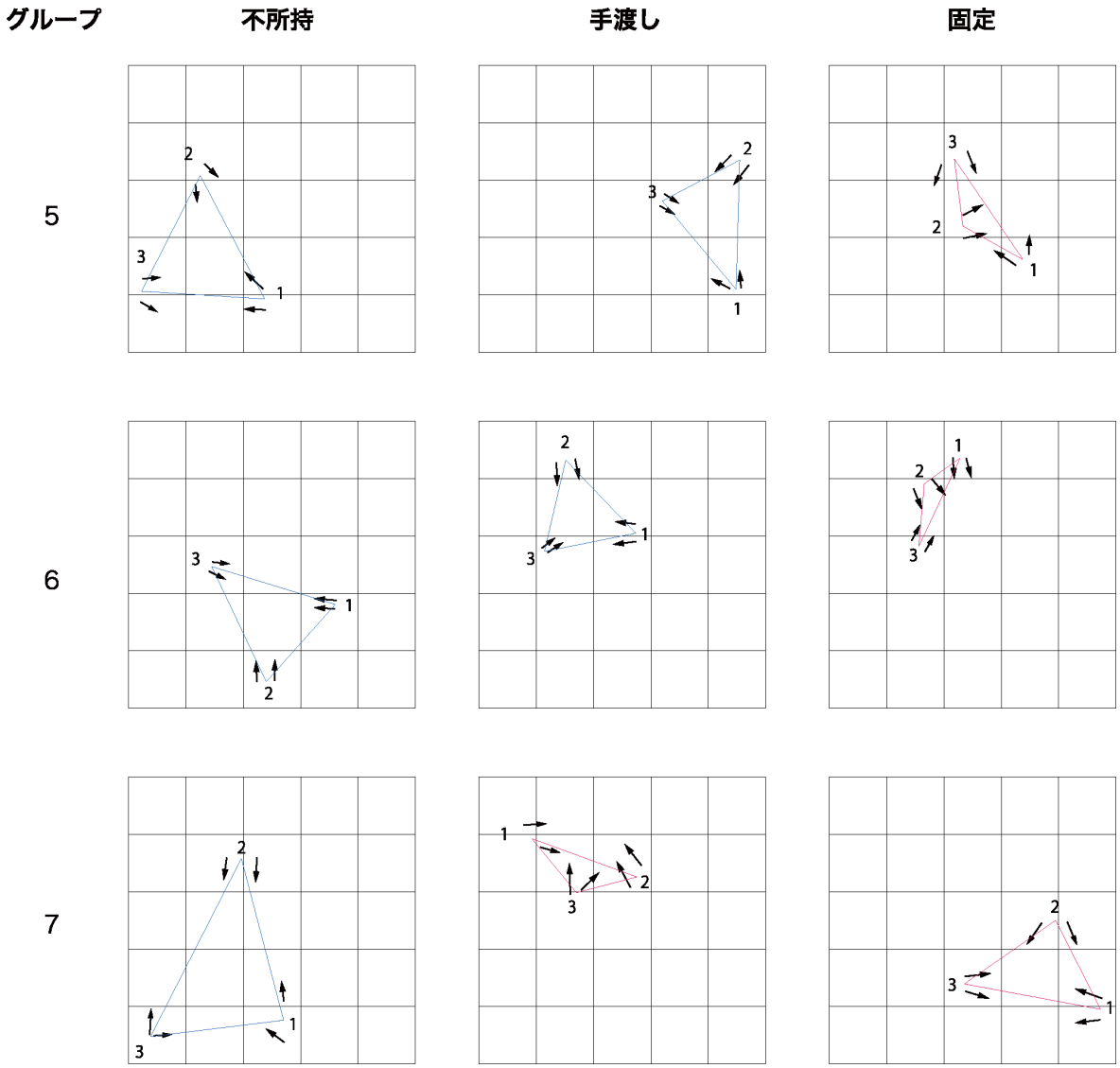


図 4.21: 位置関係の結果 5〜7

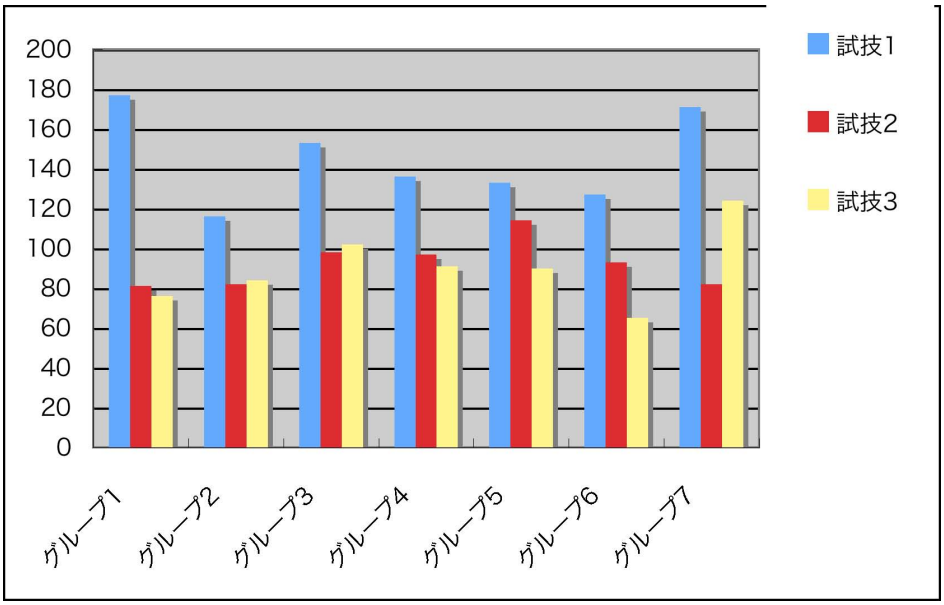


図 4.22: グループ／条件毎の被験者の平均距離

4.8.3 被験者

被験者はいずれの実験とも 18 名で，3 人ずつの 6 つのグループ（(a)〜(f)）毎に行った．年齢は 20〜58 歳，性別は男性 13 名，女性 5 名である．グループの構成には特に属性の制約は設けず，被験者どうしは知己である場合とそうでない場合が混在している．

4.8.4 実験方法

試作システムのデザインがコミュニケーションを活性化するかどうかを検証するため，画像の交換のタスクの中の会話を観察した．特に，中華テーブルを介した交換の遂行のためのコミュニケーションが，会話の活性化に結びつくかどうかを検証した．条件として，中華テーブルのメタファを用いた場合と，デバイスのディスプレイを直接見せ合った場合とを比較した．実験の様子を図 4.23 に示す．

被験者には各々の試作システムの私的コンテンツとして，画像を 3 枚ずつ用意する（図 4.24）．画像は，多くの被験者が興味を持ち共通の話題にしやすいという観点から，最新の携帯電話を用いた．さらに，キーボード付きやストレートタイプなど，話題になりやすい特殊な形状のものを中心に集めた．

被験者は 3 分ずつ，中華テーブルを用いずに直接デバイスを見せ合う（直接提示条件），また中華テーブルを介して画像を交換するという条件（テーブル条件）の下で，お互いの持っている画像について会話した．両条件で用いる画像は変えなかった．

通常こうした対照実験においては試行の順序を半数のグループに対して逆順にすることが知られているが，本実験においては被験者のグループ数に限りがあり，実験条

件の統制を優先する必要があった．そのため，すべての実験はまず直接提示条件，次にテーブル条件という本システムにとっては不利な順序で行った．

DataJockey のような新規のシステムを利用する場合，短期的にシステムについての発話やアクションが増加し，あたかもコミュニケーションが活性化したように見える場合がある．そのため，すべての被験者は本実験の前に試作システムを 20 分程度利用し，システムに慣れてから実験を行った．

こうした条件の下，各々の条件下でどのような利用法とコミュニケーションが発生するかを観察した．

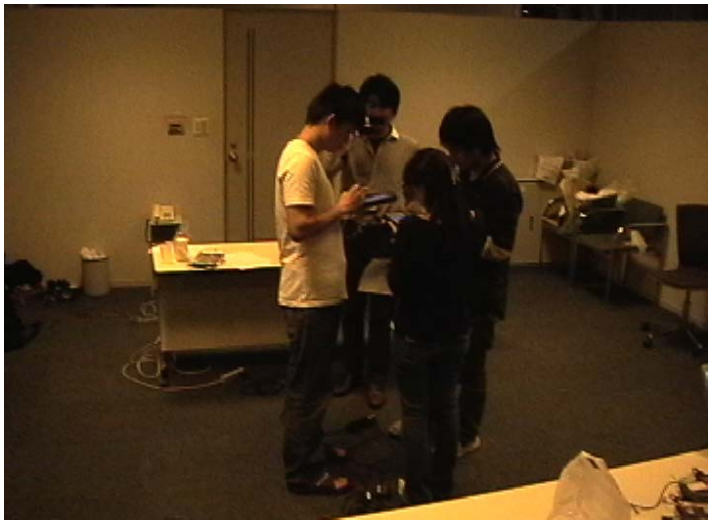


図 4.23: 評価実験の様子

図 4.24: 写真コンテンツの例

評価項目

評価項目としては, ビデオによる行動分析を行った．まず，被験者のアクション（特に発話）の内容を

- 一般的な内容

- 頷き・肯定的な相槌（うん，ああ，へえ等）
- 笑い
- 否定的な相槌（うーん？ええ？等）

の 4 種類に分類して回数を数えた．アクションの切れ目は,

- 内容から判断した明確な文の切れ目
- 他人のアクションへの切り替え
- 3 秒以上の間

を基準に判断した．

次に，質問紙を通じて，被験者がそれぞれの条件における，グループ内の会話の盛り上がりを 5 段階で評価した．またそれぞれの条件についての自由記述を行った．

4.8.5 結果

まず，各条件におけるアクションの総数と，主観評価のグループ間の平均値を表 4.5 に示す．いずれの評価項目に関しても Student の t 検定を行ったところ有意差は見られなかった．

表 4.5: 実験 1 の結果（グループ平均）

評価項目	テーブル条件	直接提示条件
アクション数	562	518
主観評価得点	3.7	3.2

次に，会話は被験者のパーソナリティやグループの人間関係に依存するという観点から，グループ単位での分析を行った．まず，各グループのテーブル条件，直接提示条件におけるアクションの総数を図 4.25 に示す．次に，主観評価の得点のグループ毎の合計を図 4.26 に示す．それぞれのコンテンツについて t 検定を行ったところ，各グループにおける両条件間のアクション数についてグループ (c) の p=0.03，グループ (f) の p=0.009 と，帰無仮説の棄却率 5%の条件下で，これら 2 グループについて有意差が見られた．主観評価の得点には有意差が見られなかった．

この結果に基づき，これら 2 グループについてより詳細に見てみる．両グループのアクションの内訳は図 4.27, 図 4.28 の通りである．グループ (c) においてはテーブル条件においてアクション数が全体的に多く，グループ (f) においては逆に全体的に少ない．両グループにこうした違いが出た理由について，ビデオ観察に基づき分析を行った．

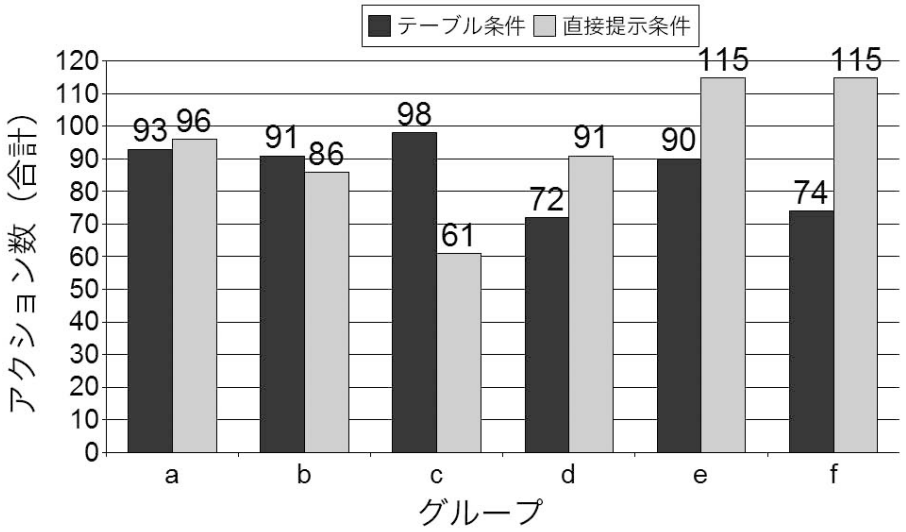


図 4.25: グループ毎のアクション数合計

テーブル条件下でアクション数が多かったグループについての分析

グループ (c) の被験者はF（23 歳男性），H（51 歳男性），I（27 歳男性）である．F と H は同じ研究室のメンバーであり，I は他の 2 人と初対面である．このグループにおいては，直接提示条件でのアクションが少なく，以下のような発話も見られた．

F：会話がないですね

I：会話がない

一方で，テーブル条件においては，テーブル上の交換タスクにおける調整のためのコミュニケーションが観察できた．開始時に，

F：じゃあとりあえず僕のも全部乗っけちゃいますね

（中略）

F：あ，じゃあこうしません？自分の，全部乗っけて，自分が実際にほしい携帯を自分のところへ取り込んでいく

と，F が率先してテーブルにまずすべての画像を乗せ，欲しいものを各々が取っていくというタスクを提案し，結果そのタスクについての発話が大半を占めた．また，笑いがテーブル条件において有意に多かった（p=0.04）．

例としては，交換機能を使って手元の画像を相手に渡し，その画像についての会話：

F：H さんの見てるのどれですか

H：ええ、

F：今残ってる一個？

H：ううん、

F：H さんの手元にある奴？

H：そうそう

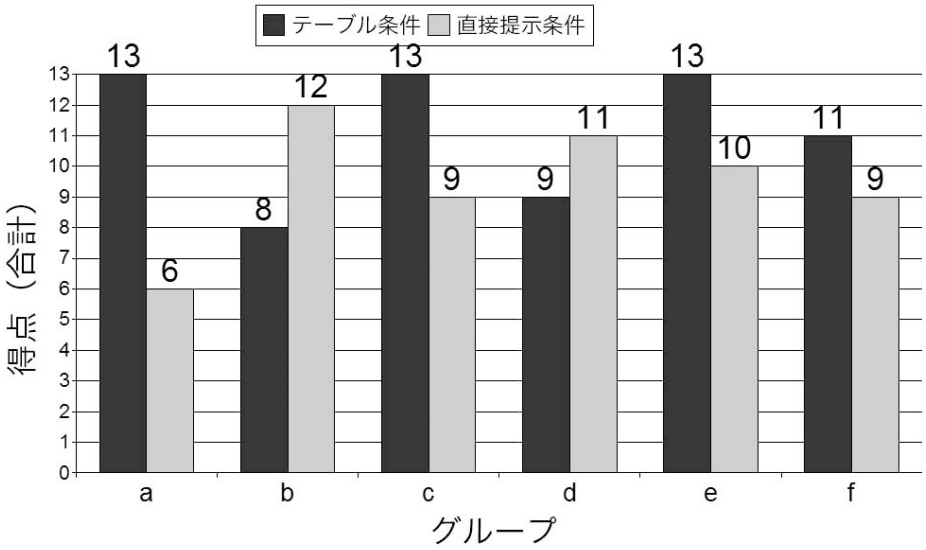


図 4.26: グループ毎の主観評価の得点合計

F：じゃあ時計出してください、時計
H：乗っけようかこれ、なんか時計のような気がする
（H，該当する画像をテーブルに配置して回転）
また取ろうとしていた画像が他人に取られてしまう，タスクのブレークダウンに関する会話と笑い：
（I，特定の機能を搭載した携帯電話の画像を取得しようとするが，F が先に取得）
I：あ、ウォークマンなくなった
F：笑
F：ウォークマンなくなりました
等が観察された．
グループ (c) においては率先してインタラクションを促進するファシリテーターが存在し，またテーブルを介して画像の交換を行うという，中華テーブルメタファの活用法を発見したことで, 結果的に調整のためのアクションが増加した．自由記述においてもテーブル条件について

- そう言うアクションは話しが盛り上がるきっかけになった
- 交換またはテーブルに乗せることでトピックを提供できた

と，肯定的な意見が見られた．
新規のシステムの利用の影響を調べるため，アクション数のうち試作システムの利用関連の内訳を調べたところ，表 4.6 の通りであった．発話の例としては

- これってコピーできないのかな（操作法）

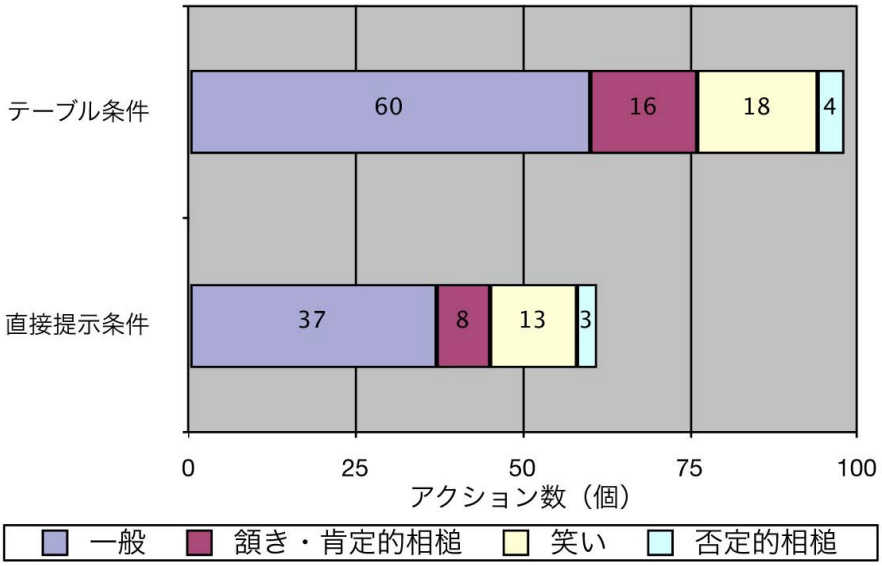


図 4.27: グループ (c) のアクション数内訳

- いらないのはどうするの（操作法）
- よくありますよねこういうの、あの絵はがきの奴とか（システムの特徴）

等である．グループ内のアクション数からこれらを取り除いて t 検定を行っても，p=0.028 と以前と変わらず有意にテーブル条件のアクション数が多かった．

表 4.6: グループ (c) のアクション数におけるシステムの利用に関連した項目数

評価項目	テーブル条件	直接提示条件
総数	98	61
一般	11	5
頷き，肯定的な相槌	0	0
笑い	7	3
否定的な相槌	0	0

テーブル条件下でアクション数が少なかったグループについて

グループ (f) の被験者は K（21 歳女性），S（23 歳男性），T（20 歳男性）である．全員が同じ研究室のメンバーである．本グループにおいては, テーブル条件においてアクションが有意に少なかった．特に，笑いが有意に少なかった（p=0.01）．この理由は，以下に示すように

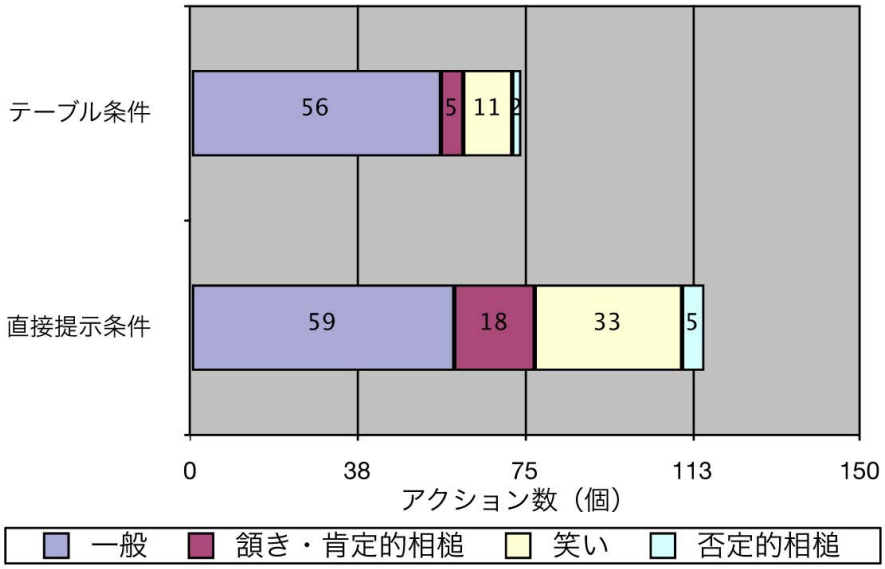


図 4.28: グループ (f) のアクション数内訳

まず，直接提示条件下では，以下のように画像についての会話が中心であった．
S：PHS？
T：PHS 使ったことないんですよね
K：お父さんが PHS 使ってた
一方で，テーブル条件下では，

- 同じディスプレイにするのが苦労した

といった意見に見られるように，全員で同じディスプレイと画像を見ることを希望した．しかし，DataJockey ではそうした表示を行うことは想定されていなかったので，被験者たちは望む利用法を実現することに時間を費やし，結果的に画像についての会話や笑いが少なくなった．図 4.29 に示すのは，被験者が同じ方向を向けることでテーブルの表示位置を一致させようとして縦一列になった様子である．

このように，システムの利用において利用者の意図どおりにならないために，本来の画像についての会話の妨げになるという問題が生じた．

個人単位での利用について

個人単位での利用についての分析を行った．主観評価とアクション数の間に相関分析を行ったところ，負の相関（相関係数-0.31）が見られたが，現状ではこの理由は不明である．

図 4.29: グループ (f)：同じディスプレイにするために一列になる様子

また年齢と主観評価に関しても相関分析を行ったところ，相関係数 0.35 の正の相関が見られた．ただし本実験の被験者は 20 代が 16 名，50 代が 2 名と年齢の分布に偏りがあるため，本実験のみで高齢者ほど評価が高いと結論付けることはできない．

4.8.6 考察

本実験の設定では，まず直接提示条件で会話し，その後で同じコンテンツを使ってテーブル条件で会話した．こうした実験条件においては，会話する内容が直接提示条件のうちに尽きてしまう場合があり，テーブル条件は不利な条件の下で行われている．

そうした中でも，グループ (c) に見られたように，テーブルをうまく利用して一斉に交換を行うタスクを被験者が設定することで，調整のためのコミュニケーションが発生し，会話を活性化することができた．他にも，グループ (a) においても，同様の利用法を行っていた．このグループではアクション数にはほとんど違いが見られなかったが，主観評価の結果では全員がテーブル条件をより高く評価している．この利用法が適切であったためと思われる．

一方で，グループ (f) に見られたように，同じディスプレイが見られないとうまく会話を行えない事例も複数見られた．グループ (e) においては，テーブルの中央部に画像を置くと，半径が短いため大きく回転しなくても同じ画像が共有できるという性質を発見し，利用していた．他の被験者の自由記述でも，同様の目的からテーブルに画像コンテンツを移動でなくコピーするモードがほしいという意見が見られた．このように同じコンテンツをそれぞれのデバイスで見ることができる機能が必要であると考えられる．

5章

近傍のコミュニケーション2

概要

DataJockey のようなパーソナルなコンテンツを利用する情報システムにおいて，誤ってプライベートなコンテンツを相手に見せてしまうという問題が生じうる．デバイスの姿勢によって，デバイスのディスプレイを自分だけで見ているか，他人と共有しているかを入力し，プライベートなコンテンツの表示を適切に切り替える．評価実験を通じて，被験者はボタンにより切り替えと比較して本手法を好むことが明らかとなった．

5.1 支援する活動

DataJockey 同様，スマートモバイルデバイスを介したパーソナルなコンテンツの共有によってコミュニケーションを促進する．

5.2 想定されるアクセスの不整合

DataJockey のように，近傍のコミュニケーションの中でスマートモバイルデバイスのプライベートなコンテンツを共有する場合，デバイスの中にはプライベートな写真やアドレス帳等，他人に見られたくない私的なコンテンツも多く含まれていることが想定される．前節のようにデバイスによるコンテンツの共有を行う場合には，私的なコンテンツに他人からアクセスされてしまうという問題が生じる．例えば携帯電話の写真を見せるが，画像の一覧は見せたくないという場合などが考えられる．現状ではキーやタッチによる操作によって表示の切り替えを逐一求められ，利用者に負荷を与える．

5.3 セットアップの分析

一般的に，スマートモバイルデバイスでコンテンツを私的に扱う場合，ディスプレイが他者の視線に触れないような遮蔽行動を行うことが見られる（図 5.1）．そのような場合，ディスプレイが自分の顔に正対するよう．デバイスを垂直に立てると考えられる．

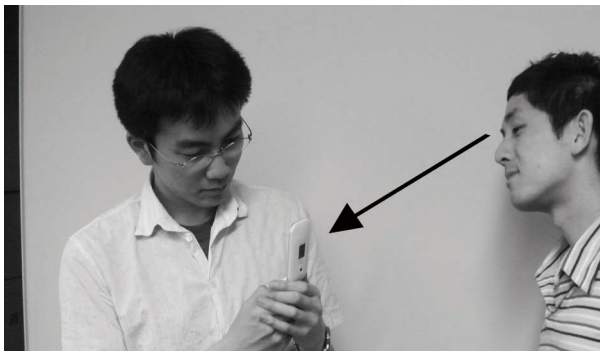


図 5.1: デバイスの私的な利用

5.4 デザイン

Hide&Seek は，DataJockey のようにスマートモバイルデバイスのコンテンツを他者に見せるアプリケーションにおいて，私的に利用したいコンテンツの表示を切り替えるインタフェースである．デバイスのディスプレイの位置から，プライベートとパブリックのいずれの状況にあるのかを判別し，プライバシー保護の負荷を軽減することを目的としている．概念図を図 5.2 に示している．デバイスを手元に隠している際には私的なコンテンツを表示する．デバイスを水平に近づけると，連続的に透明度が下がり，周囲の他者から見える角度では私的なコンテンツが見えなくなる．

デバイスの姿勢という連続量を入力することで，私的なコンテンツの表示の変更も連続的に行うという特徴を持っている．

Hide&Seek のデザインにおいて，Mobile Reaching Out 手法がどのように適用されているかを述べる．DataJockey のようなアプリケーションにおいてコンテンツを他者に見せる場合には，画面を水平にして周囲から視線を向けやすくすると考えられる．一方で，私的なコンテンツを表示する場合にはデバイスを垂直に立てて顔の近くに寄せ，周囲から見られないようにして操作を行うことは一般的に見られる．このような動作によって私的なコンテンツの表示を切り替えるデザインにより，まずメニュー画面へのキーによる切り替え操作が 1 ステップ省略できることになる．結果として，能動的に表示の切り替えを行う負荷を軽減し，意図せずに私的なコンテンツを閲覧されてしまうプライバシーの侵害を起こりにくくすることができると考えられる．

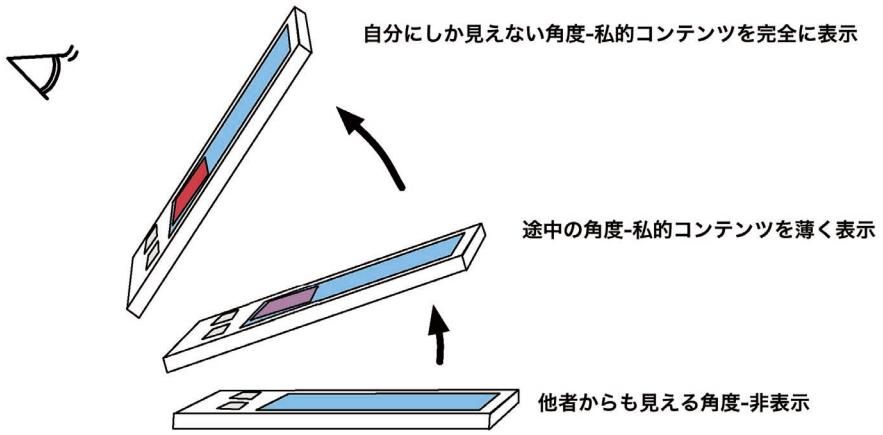


図 5.2: Hide&Seek の概念図

5.5 試作システム

DataJockey 試作システム 2 の中で，Hide&Seek を用いた私的領域の表示切り替えを実装している（図 5.3）．あまり水平に近い状態から私的コンテンツの表示が開始さ

れると，周囲から見られてしまう場合があることから，試作システムでは0°（水平）〜15° までは完全に透明である．15°〜90°（垂直）の間は角度に比例して連続的に透明度を変化させる．

システム構成は DataJockey 試作システム 2 と同様である．

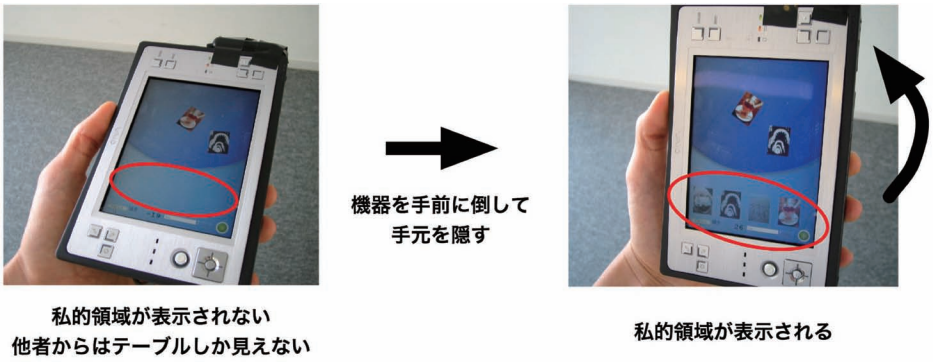


図 5.3: Hide&Seek 試作システム

5.6 セットアップの検証

5.6.1 実験目的

Hide&Seek のデザインに応用するため，本実験ではコンテンツを私的に扱う場合と，他者に見せる場合とについて，デバイスをどのような姿勢にして利用するかを調べた．

5.6.2 実験環境

実験環境は大学の会議室を使用した．4-6 節の結果に基づき，床には各辺が 1m となる正三角形の頂点が，テープによって示されている．

5.6.3 被験者

被験者は 23 名，主に大学生である．年齢は 20〜53 歳，性別は男性 16 名女性 7 名であった．

5.6.4 実験方法

実験の様子を図 5.4 に示している．被験者は，他の 2 名（他の被験者あるいは実験者）と一緒にマークされた点に立つ．被験者は，画像の表示されたスマートモバイルデバイスを持ち，その画像を私的に閲覧する，あるいは他者に見せるように教示され

た．その際，ディスプレイにはデバイスのピッチ角がリアルタイムに表示されており，適切と思える姿勢において角度を読み上げるよう指示した．

デバイスのディスプレイを他者に見せる場合，図 5.5 に示すように，正面の相手には 1）水平に差し出す，2）印籠のように突き出す，また横や後ろの相手には 3）肩越しに見せる，といった複数の方法が考えられる．本実験では．DataJockey ／ Hide&Seek を念頭においているため，正面に向けて水平に差し出すよう教示を行った．そのため，計測した角度は利用者から見た左右の軸で回転させるピッチ角である．

提示した画像は，図 5.6 に示している．被験者が隠したいと思うよう，意図的に違和感を与えるような画像を選んだ．

角度の計測には，Intersense InertiaCube3 姿勢センサ [Intersense07] を用いた．本センサは地磁気と加速度情報を組み合わせ，± 1° の精度で三軸の姿勢の検出を可能にしている．

図 5.4: 実験の様子

5.6.5　結果

結果のグラフを図 5.7 に示している．角度は水平を 0°，垂直を 90° としている．グラフからも読み取れるように，全ての被験者は私的に利用する場合にデバイスの姿勢を垂直に近づけ，人に見せる場合にはより水平に近づけた．平均は前者が 25°，後者が 86°，分散はそれぞれ 310，100 であり，t 検定において（$t(22)=-14$，$p < 0.01$）で明確な有意差が得られた．

図 5.5: ディスプレイの提示方法

図 5.6: 提示した画像

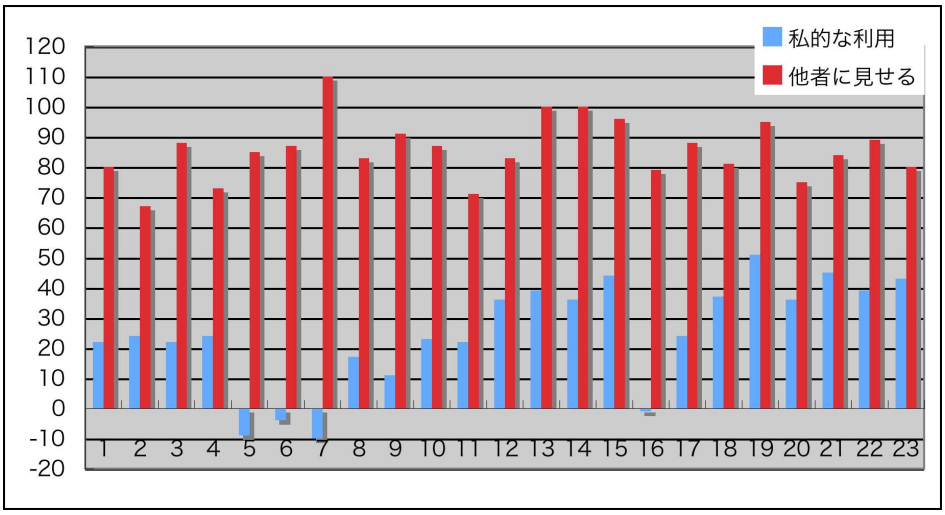


図 5.7: デバイスの姿勢の結果

5.6.6 考察

デバイスのディスプレイを私的に利用する場合の平均角度は 25° である．ただし，人に見せる場合と比べると，被験者によるばらつきが見られた．上限の角度としては 51° が 1 人，40° を超えた被験者が 3 人見られた．これらの知見から，Hide&Seek において私的なコンテンツを表示する角度の上限は，45〜50° 付近に設定するべきだと結論付ける．

人に見せる場合の平均角度は 86° であり，ばらつきも少なく，概ね 90° 近辺の角度を取ることがわかった．下限を見てみると，67° が 1 人，70° 台が 4 人おり，概ね 70° 近辺が下限であると考える．

5.7 有用性の評価

5.7.1 実験目的

本手法がプライバシーの保持に有用かを検証するため，私的領域の一部のコンテンツを他の被験者から隠しながら，他の画像コンテンツを交換するというタスクを通じてユーザビリティを評価した．

5.7.2 実験環境

実験環境及び被験者は，DataJockey 手法の評価実験と同じである．

実験環境は，大学の会議室の中をテーブルで 180cm 四方に囲った領域である．使用機材は試作システムのみである．被験者は実験中常に立っており，実験環境内を自由

に移動した．被験者はそれぞれ 1 台ずつ試作システムのデバイスを持っている．実験環境の全体と，被験者の操作や会話の様子を，2 台のビデオカメラで撮影した．

5.7.3 被験者

被験者はいずれの実験とも 18 名で，3 人ずつの 6 つのグループ（(a)〜(f)）毎に行った．年齢は 20〜58 歳，性別は男性 13 名，女性 5 名である．グループの構成には特に属性の制約は設けず，被験者どうしは知己である場合とそうでない場合が混在している．

5.7.4 実験方法

被験者には各々の試作システムの私的コンテンツとして, 色の異なる数字の画像を 4 枚ずつ用意する．画像のうち一枚は secret と指定されている（図 5.8）．被験者に，他の 2 人とそれぞれ 1 枚ずつコンテンツを交換させた．

その際に，secret と指定された画像を他の被験者に見せないようにし，もし他の被験者の secret 画像の数字が見えた際には，その数字を声に出して読み上げるよう要求した．

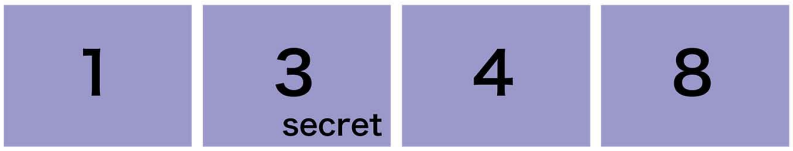


図 5.8: secret 画像の例

タスクは条件を変えて 2 回行った．片方の条件では私的領域を隠すのに Hide & Seek 操作手法を用いた（HS 条件）．もう一方では，デバイスの姿勢を利用せず，ボタンを押すと表示，もう一度同じボタンを押すと非表示というように切り替えを行った（ボタン条件，図 5.9）．

評価項目

まず，設定したタスクの遂行にかかった時間を計測した．次に，secret の画像が視認された回数を数えた．

質問紙を通じて，被験者がそれぞれの条件における，交換の行いやすさを 5 段階で評価した．またそれぞれの条件についての自由記述を行った．

5.7.5 結果

各条件におけるタスクの遂行時間，secret の視認回数，主観評価のグループ間の平均値を図 5.10，5.11，5.12 に示す．遂行時間（図 5.10），secret の視認回数（図 5.11）

図 5.9: ボタンによる表示／非表示の切り替え

とも有意差は見られなかった．主観評価の結果（図 5.12）は，p=0.01 と帰無仮説の棄却率 5 %で HS 条件の評価が有意に高かった．

上述の結果から，被験者は概ね HS 条件を好んだことがうかがえる．自由記述においても

- ずっとディスプレイだけ気にしていればいいので簡単
- 有効でイージーであった
- 傾ける動作というのが自然で使い易かった

等肯定的な意見が多かった．
HS 条件に対する否定的な反応としては，

- テーブルからドラッグできるかどうかはっきりしなかった
- もう少し平らに近い状態でも隠れてほしい
- どのくらい傾けたら消えるのかがわかりづらかった

等のデザイン上の問題が挙げられた．

5.7.6 考察

これらの結果から，Hide & Seek 操作手法は DataJockey インタフェースを補完し，交換を行いながらプライバシー制御を実現するうえで有用であるといえる．

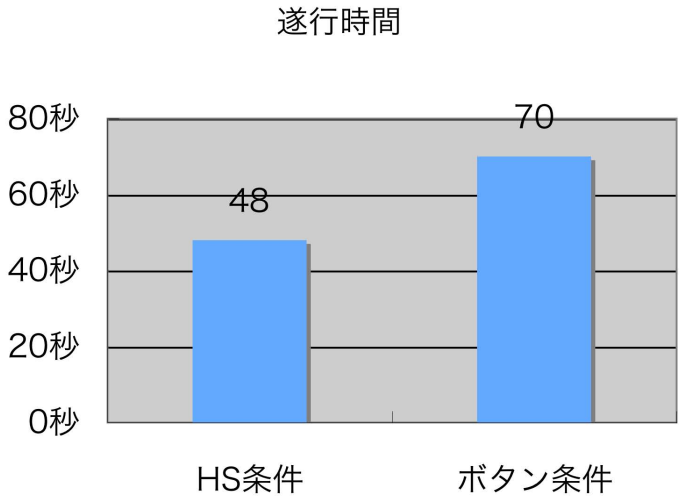


図 5.10: 遂行時間（グループ間平均）

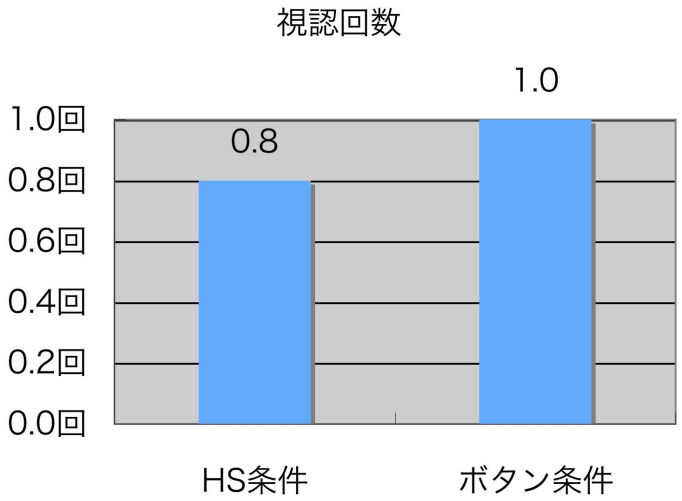


図 5.11: 視認回数（グループ間平均）

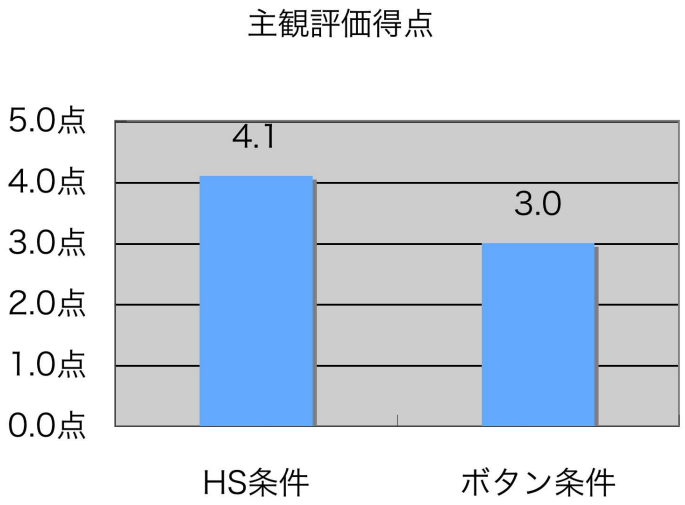


図 5.12: 主観評価得点（5 段階，グループ間平均）

6章

同建物内＋遠隔のコミュニケーション

概要

遠隔の相手との，ネットワークカメラを用いたコミュニケーションについて述べる．同建物内と遠隔とのコミュニケーションを整合させるため，特にドアの開閉が部屋の内外の情報アクセスの制御に用いられている点に着目し，部屋間のビデオコミュニケーションのプライバシー保護に利用する情報システムを提案する．

6.1 支援する活動

ネットワークカメラを用いた遠隔地とのビデオコミュニケーションは広く利用されている．特にブロードバンド常時接続の普及によりビデオコミュニケーションも電話のように毎回発信して接続する利用法でなく，部屋と部屋との間を常時接続された状態で利用することが可能となっている．

6.2 想定されるアクセスの不整合

同建物内における部屋の外からのアクセスと，情報システムを用いたアクセスは分断されており，双方に配慮することは困難である．ビデオコミュニケーションを行う毎に発信して接続する利用法であれば，接続されていることが意識されるが．常時接続となると，接続されていることを意識することが困難になる．結果，誤って公開したくない部屋の中の様子や会話などにアクセスされてしまうというプライバシーの侵害が発生しやすくなる．

6.3 セットアップの分析

6.3.1 ドアの役割

ここでは，屋内の部屋について考えた場合に，ドアが視聴覚のアクセス制御に利用されていることに着目した．

ドアが建築空間の中で果たす役割は，大きく分けて 1) 通行の制御，2) 視聴覚情報のアクセスの制御，3) 空調の制御，の三種類であると考えられる．これらのうち，最初の二種類はいずれも周囲の他者からのアクセスに影響を及ぼす．個室で作業に集中している場合などは，多くの場合部屋のドアは閉められる．特に周囲に他者がいる場合はそうであると考えられる．一方で，音などで外の様子を部分的に伺う場合，ドアを半開きにしておくことが考えられる．周囲に他者がいない，あるいは周囲と積極的にコミュニケーションを図りたい場合には，ドアを大きく開放することもある．このように，ドアを大きく開いている場合にはより多くの視聴覚情報へのアクセスが可能であり，ドアを閉じている場合には視聴覚情報にアクセスできない．

6.3.2 ドアの種別

ドアは利用されるシーンによって機能が変わる．まず，玄関等の外ドアと，家やビルの中の内ドアでは機能が異なる．本研究では，屋内の部屋間のコミュニケーションを対象とするため，内ドアのみを対象とした．さらに，屋内でも部屋がパブリックスペースであるか，個室であるかによっても．異なる．ドアの開閉がアクセス制御に用いられるのは，主に個室の場合であると考えられる．

また，扉は大きく引き戸と開き戸に分けることができる．近年の住宅やオフィスは近代建築の流れを汲み開き戸が用いられることが多いため，本研究では開き戸を対象とした．一方，引き戸は日本の伝統的な建築において主に用いられ，開口率をリニアに制御できることから内外の情報の伝達を制御しやすく，本手法を適用しやすいと考えられる．

6.3.3 ドア以外の遮蔽物

遮蔽によるプライバシー保護が行われるのはドアにおいてだけではない．部屋の窓のブラインドは，家の外から家の中を隠すという類似した機能を持っている．またトランプの手札を手元に隠す行為，秘密の会話をする際に周囲の他人に聞かれないように場所を移動する行為なども，同様である．このように，特定の装置の画面や部屋の情景，会話の声などを，自分あるいは限られた相手とのみ利用できるように位置関係を調整する動作は，全般的にプライバシーを推定するための指標として有効である．前章で述べた Hide&Seek もこの考え方に基づいてデザインを行った．

6.4 デザイン

ちらりドアは，常時接続型のネットワークカメラにおいて，外部からアクセスできる情報量を設定する情報システムである．概念を図 6.1 に示す．ドアの開きを計測し，ネットワークカメラによってアクセスできる映像や音声の情報量を，ドアが開かれているほど大きくする．

ちらりドアのデザインにおいて，Mobile Reaching Out 手法がどのように適用されているかを述べる．屋内の部屋に常時接続のビデオコミュニケーションが導入されると，アクセスの状況を意識することが困難となり，結果的にプライバシー侵害を生じやすいと考えられる．このような部屋、特にパブリックな空間とつながった個室においては，ドアを用いた視聴覚情報の制御が行われていることを示した．そこで，ビデオコミュニケーションを通じた部屋の様子へのアクセスを，ドアの開閉による視聴覚情報のアクセスの状態に対応付けることで，多くの注意を向けずともプライバシー侵害を減らせると考えられる．ただし，本手法は，ドアの外の他者と，ビデオコミュニケーションを通じてアクセスする他者との双方に対する社会的な関係が同様である場合に有用であると考えられる．また，気温が著しく高い／低い場合などは，空調制御の目的で開閉がなされる場合もあり，本デザインが有効なのはそうした必要性が少ない場合に限定される．

6.5 試作システム 1：シンプル版

本手法について，二種類のデザインの試作を行った．違いは，音声の有無，及び映像の情報量の調整方法である．図 6.2 にシンプル版の機能を示す．シンプル版では，2 点間での利用を想定している．互いのドアの付近にカメラを取り付け，部屋の映像を

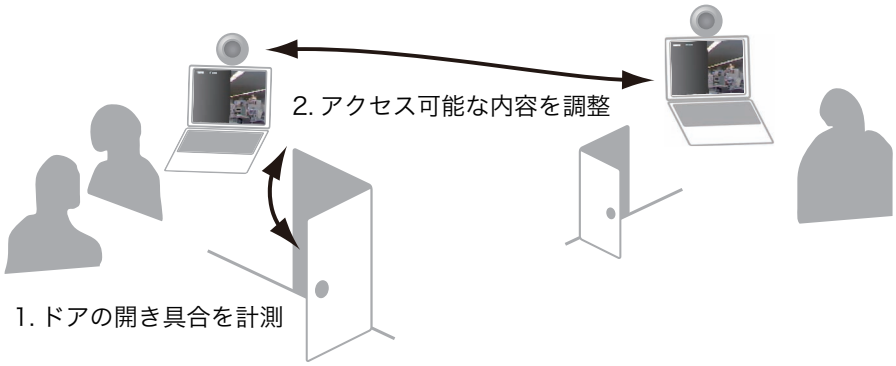


図 6.1: ちらりドアのコンセプト

配信する．接続先の映像を表示するディスプレイもドアの脇に設置する．音声は配信しない．外部からアクセスできる映像には，ドアの角度と対応したカバーがかけられる．開き戸における遮蔽について考えると，ドアに正対した場合の遮蔽率は，ドアの開いている角度 θ に対して cos θ となる．シンプル版では，ドアの角度を計測し，カバーが画面全体に対する cos θ の割合でかけられる．

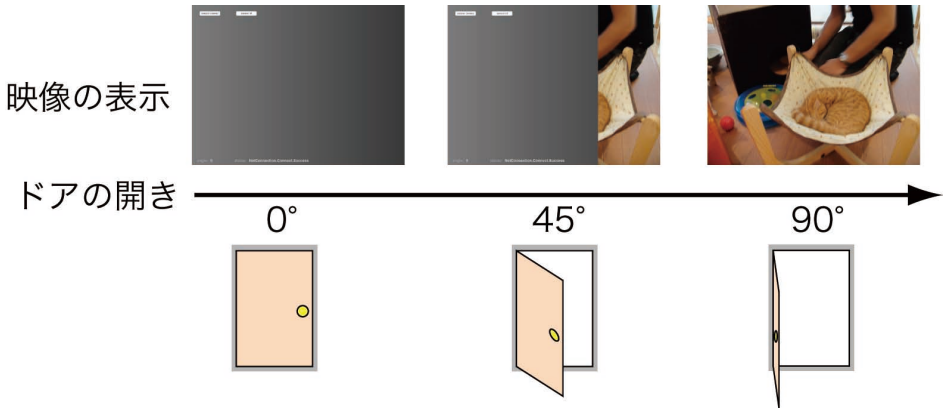


図 6.2: シンプル版の機能

6.6 試作システム 2：高機能版

図 6.3 に高機能版の機能を示す．高機能版では，多地点間での利用を想定している．シンプル版同様ドア脇にカメラおよびディスプレイも設置する．映像に加えて音声も配信する．ディスプレイには，複数の部屋がのぞき窓として表現されている．ドアを開けると，0° からは音声のボリュームが上がり，45° で最大となる．この間，のぞき窓の

サイズは拡大するが，映像はマスクがかけられ閲覧できない．45° から 90° の間は，同じくのぞき窓が拡大するとともに，映像にかけられたマスクが徐々に透明になり，90° で映像が完全に表示される．映像が表示される間は音声のボリュームは最大のまま変化しない．

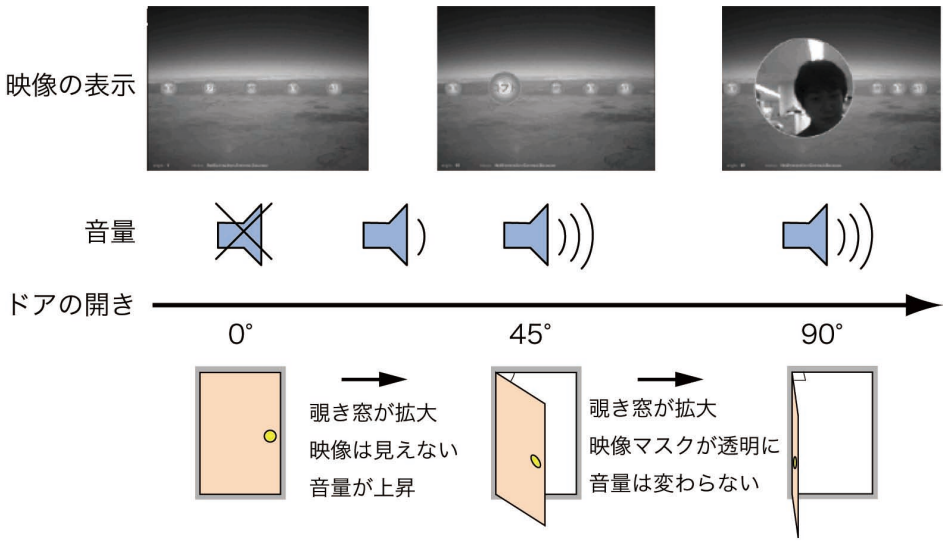


図 6.3: 高機能版の機能

加えて，他の部屋のドアが動いている最中はドアの軋む効果音を，全閉になった場合にはバタンという効果音が鳴る．また，マウス等を用いて画面上ののぞき窓をクリックすると，対象となる部屋でノック音がなる．これは，実世界のノックと同様に相手のドアが閉じている際に，対象となる部屋とコミュニケーションを取るために用いることを想定している．

6.7 システム構成

システム構成を図 6.4 に示す．これは両バージョンで共通である．システムは，クライアントと PC サーバーから成る．いずれも Microsoft Windows XP で動作している．クライアント上のフロントエンドは Adobe Flash を用いている．姿勢の計測には Intersense 社の InertiaCube3 姿勢センサーを用いている．これは磁気方位／加速度／ジャイロを組み合わせて姿勢を計測するもので，通常±1 度の精度，最大 180Hz の頻度で得られる．周囲に金属物等による磁場が存在する場合には磁気情報が乱れるため，使用環境には注意が必要である．姿勢センサーの情報はクライアント内の Java のプログラムに UDP で情報を送り，Java プログラムは Flash のフロントエンドにセンサー情報をプッシュする．時間分解能は 100Hz である．フロントエンドは，ネットワークカメラから直接映像と音声の情報を取得する．ネットワークカメラは Logicool QCam Messenger

を用いている．映像／音声／センサーのすべての情報は，サーバー上の Adobe Flash Media Server に送られ，クライアント間で共有する．

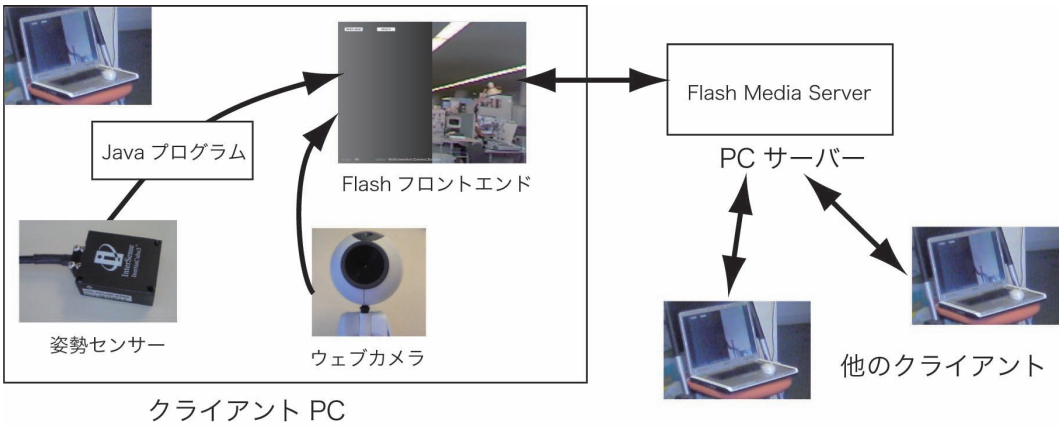


図 6.4: システム構成

6.8 セットアップの検証

6.8.1 実験目的

まず，本手法の前提条件として，ドアの開き具合が被験者のプライバシー保護を設定する指標として用いることができるかを確認するため，被験者のいる場所や周囲の状況を指定し，そのコンテクストにおいて被験者が設定するドアの角度をセンサーによって計測した．

6.8.2 実験環境

図 6.5 に実験環境の様子を示す．実験は，大学のキャンパスの共同研究室を利用した．ドアは廊下に面した短辺の室内から見て右側の角近くにあり，右側に開く．ドアの開き具合を計測するため，角度センサー（InertiaCube 3）を取り付けた．ドアは手前右側に引いて開く．ドアの左脇にはちらりドアの画面表示を行う PC（Dell Inspiron 9300）を設置した．画面は 17 インチである．試作システムはシンプル版を用いた．これはドアの開きと，ネットワークカメラの見えの対応がより明確であることと，音声を省いて実験を単純化するためである．

6.8.3 被験者

被験者は 20 歳から 52 歳の 26 名で，性別は男性 22 名，女性 4 名である．

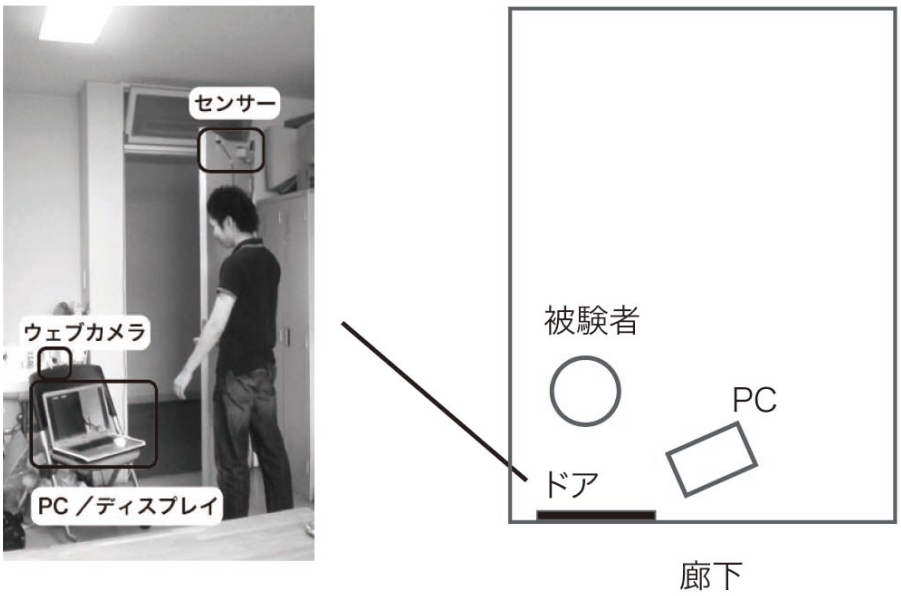


図 6.5: 実験環境の様子

6.8.4　実験方法

本実験では，被験者はドアの前に立ち，現在自分がいると想定する複数の場所および自分の状態，周囲の他人の有無を口頭で指定される．そのコンテクストにおいて，部屋の中のプライバシーが適切に保護されると思われるドアの開き具合を，部屋のドアを用いて設定するよう求めた．結果得られた開き具合を，角度センサーによって計測した．

まず場所として，家の個室か，職場かを指定した．部屋の大きさおよびドアの位置は実験環境のものに準ずるとした．部屋の中での被験者の位置は指定しなかった．次に，その部屋の中で行っているタスクを，1) 一人で作業，2) 友達や同僚と雑談をしている，3) 何もしていない（ボーッとしている）の中から指定した．最後に，部屋の外（廊下や他の部屋）に家族や他人（周囲の他者）がいるかどうかを指定した．これらすべての組み合わせ（12 通り）を，被験者によって異なる順序で指定した．角度の範囲は，0°（全閉）〜90°（全開）である．気温や湿度への影響は考慮しないものとした．

6.8.5　結果

まず，家の個室と職場との間に違いがあるかを調べたところ，家の個室の場合の平均は 35° であったのに対して職場の場合の平均は 26° と，家の場合の方が大きく開いていた（図 6.6，Y 軸は 360° 法）．t 検定を行ったところ $p < 0.01$（両側）において有意差が確認された．

次に，家の個室と職場のそれぞれにおいて，タスクと，部屋の外の他者の存在の有

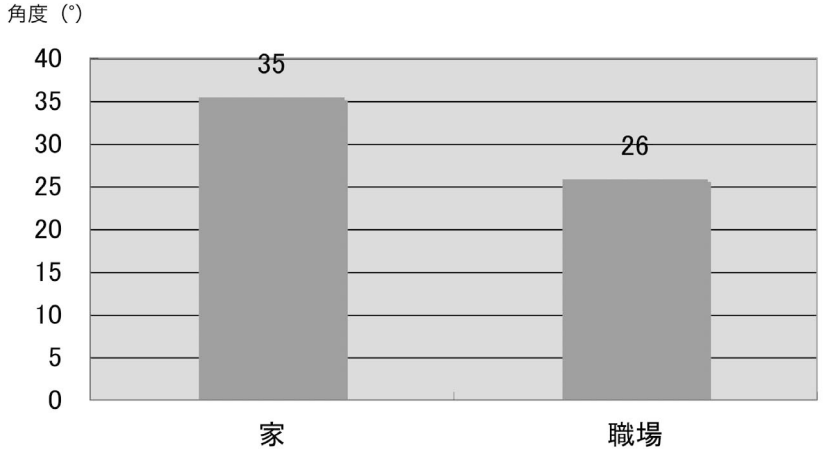


図 6.6: 家の個室と職場の平均角度

無を要因として用いた二元配置による分散分析を行ったところ，図 6.7，図 6.8 のグラフのような結果が得られた.（Y 軸はいずれも 360° 法.）

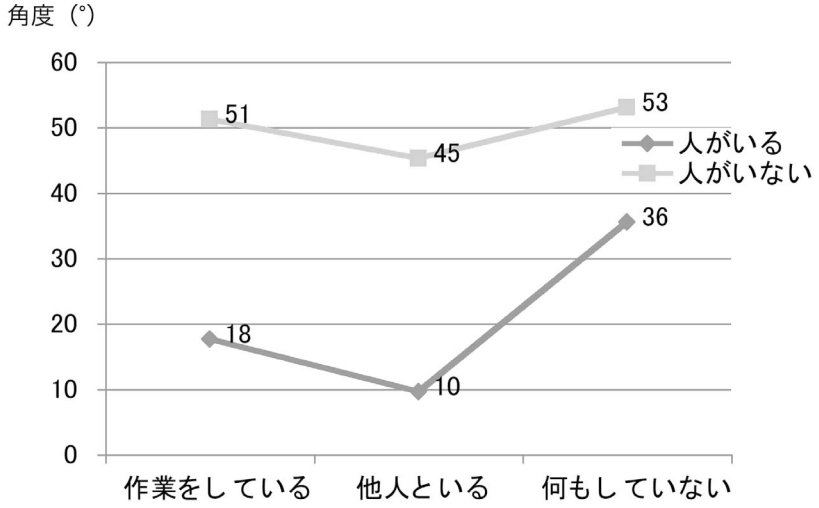


図 6.7: 家におけるタスクと周囲の他者による二元配置の分散分析

まず家の個室についてみてみる．周囲の他者の存在についての検定結果は，p=5.6 × 10-7 と，p ＜ 0.01（両側）で明確な有意差が得られた．またタスク別の平均角度は表の通りであり，p=0.047 と p ＜ 0.05（両側）で有意差が認められた．そこで，周囲の他者の有無と個々のタスクの組み合わせについて，テューキーの方法を用いた多重比較を行った．結果，周囲に他者がいる条件下で，他人といる場合と，何もしていない場合との間に有意差が認められた（p ＜ 0.05，信頼区間-45.51〜-6.334）．特に，周囲に

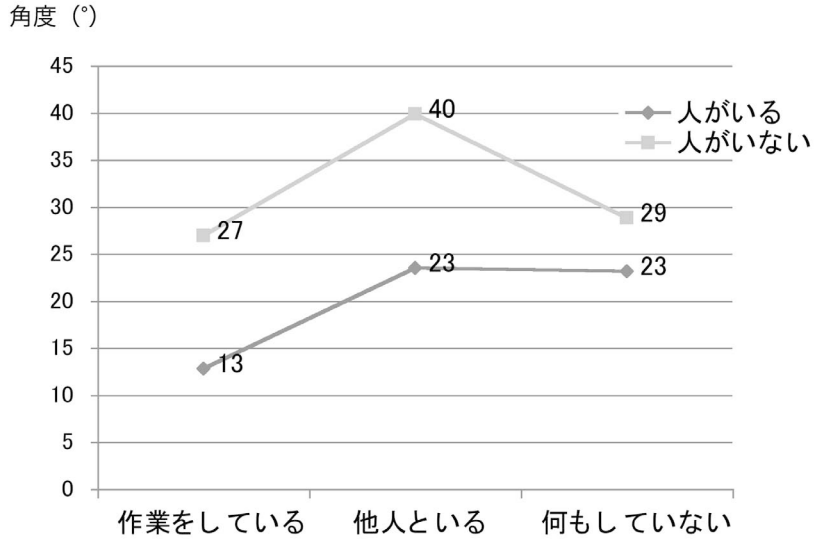


図 6.8: 職場におけるタスクと周囲の他者による二元配置の分散分析

他者がいて，かつ何もしていない場合に，目立って平均角度が上昇しているためと考えられる．

次に，職場の場合である．周囲の他者の存在についての検定結果は，p=0.024 と，p ＜ 0.05 で有意差が得られた．一方で，タスク別の平均角度は p=0.19 と p ＜ 0.05 で有意差が認められなかった．

6.8.6 考察

家の個室と職場では，家の個室の方が周囲の他者と親密な関係にあるため，一般的にドアをより大きく開いていると考えられる．双方に共通して，周囲の他者の存在に応じてドアの開きには明確な差が生じることが明らかになった．また，家の個室と職場の違いとしては，家で外に人がいる場合，タスクの内容がドアの開きに影響するのに対して，職場ではタスクの内容の影響は確認できなかった．家の個室においては人が廊下や他の部屋にいる場合，自分一人でいて何もしていないか，友人らが部屋の中にいるかという条件の違いがドアの開きに影響することが明らかとなった．

このように，主に公的な場（職場）か私的な場（家）か，また周囲の他者の有無に応じて，ドアの開き具合によって部屋の中の様子についてのプライバシーの保護がなされていると考えられる．

6.9 有用性の評価

6.9.1 実験目的

検証実験においてコンテクストに応じた違いが得られると明らかになったことを受けて，試作システム（シンプル版）を用い，ドアの角度によってネットワークカメラの映像配信を制御することで，適切なプライバシー保護が可能かを評価した．

6.9.2 実験方法

実験環境および被験者は，検証実験と同じである．

検証実験においてコンテクストに応じたドアの開き具合の差が見られた．これを受けて，得られたドアの開き具合を用いてネットワークカメラの映像配信を制御することで，映像の公開度合いの適切な設定が可能であるかを調べた．

実験の仮説として，特定の被験者／コンテクストにおいて設定されたカバーの幅が，試作システム（シンプル版）を用いて，検証実験で得られた同被験者／コンテクストにおけるドアの角度を指標としたカバーの幅との差分（絶対値）が小さければ，ちらりドア手法が有用であるといえる．さらに，設定されたカバー幅について，初期値がガウス分布に従うと仮定した場合のカバー率（平均 50 %）との差分の期待値を算出した．コンテクストの指標が有用であれば，初期値がガウス分布に従う場合よりも差分は小さくなると考えられる．

被験者がコンテクストに対して設定する外部に配信されるカメラの映像にかかるカバーの幅を，検証実験と同じ環境において同様の 12 種類のコンテクストを指定したうえで，適切なプライバシー保護がなされると思われる状態に設定するよう求めた．その際，画面デザインは試作システム（シンプル版）のものを用いた．カバーの幅の設定はドアの左脇に設置した PC のマウスのホイールによって調整した．また，配信される映像にアクセスできるのは，インスタントメッセンジャーや SNS においてフレンド登録している相手とした．被験者は 26 名のうちの 21 名（20〜52 歳，男性 18 名，女性 3 名）を対象とした．各被験者は場所× 2，タスク× 3，操作方法× 2 の組み合わせで各々12 試技を行った．

6.9.3 結果

まず，すべての状況設定においてネットワークカメラが遮断されているのが望ましいという利用者が 2 名いた．こうした被験者は常時接続のネットワークカメラというサービスをそもそも求めておらず，本研究の対象としては不適切である．これらの被験者を除いた 19 名で評価した．

結果，ドアの角度をコンテクストの指標として用いた場合の差分の平均は 32 %，初期値がガウス分布の場合の差分の期待値の平均は 33 %となり，t 検定において $p > 0.05$（両側）と有意差が見られなかった．

6.9.4 考察

本実験においては，初期値にコンテクストの指標を用いた場合においても被験者が適切としたカバー率との差分は平均で 30 %を超えた．差分は絶対値であるため最大でも 50 %であることを考えると，かなり大きい．また初期値がガウス分布に従う場合との差分の期待値の平均とも有意な差が見られず，角度を指標として用いる有用性は示せなかった．この理由としては，家や職場においてドアの外にいる相手と，映像にアクセスする相手との関係性が異なるため，アクセス可能としたい視覚情報が異なっていたことが理由として考えられる．また被験者からは，実際に利用する場面では自分の姿や PC など，何が見える位置関係になっているかが重要であり，今回の実験ではその位置関係の指定が曖昧であるという指摘があった．

6.10 運用実験

6.10.1 実験目的

実際の環境におけるプライバシー保護について調べるため，大学キャンパスの研究室を対象に 2 日間の運用実験を行った．

6.10.2 実験方法

主な対象としたのは学部の研究室（環境 A）であり，大学院棟の実験者の席の戸棚（環境 B）との間に試作システム（高機能版）を設置した．環境 A を利用する被験者と環境 B を利用する実験者は同じ研究室に所属しており，日常的な交流がある．環境 A の利用者は食事や着替え等も研究室で行うため，これらのプライベートな行動の映像が意図せずに配信されてしまうというプライバシー侵害が発生するかを観察した．また，環境 A の利用者を対象に，利用実態およびプライバシー侵害感についてのアンケート調査も行った．環境 B の扉は原則的に開いたままであった．被験者は研究室を利用する学生 9 名である．

環境 A の詳細を図 6.9 に示す．研究室は 6600mm × 6600mm の部屋であり，一ヶ所の角に廊下へのドアがある．ドアには角度センサー，双方の映像を表示するディスプレイ，スピーカー，ネットワークカメラを設置した．

6.10.3 観察結果

研究室という実験環境の性質から，環境 A のドアは閉じている，もしくは半開きのことが多かった．特徴的なのは後者の半開きが長時間見られたことで，これは家の中で他の部屋と繋がっているためにドアを半開きにしている場合と類似している．また，ドアが多くの時間全開にはなっていないため，人が出入りするとドアが開閉され，その情報が研究室の利用状況のアウェアネスとして環境 B に伝わった．実験者から見て，環境 A が意図しないと思われる映像は確認できなかった．

図 6.9: 運用実験を行った環境

ノック機能に関しては，アンケートでは 9 人中 2 人のみが利用したと回答した．しかし，観察の中では，閉じている相手のドアをノックして，相手が反応してドアを開けたら食事に誘う，という現実のドアに近い使い方も見られた．試作システムの音質に問題がありノイズが多く，また伝達のタイムラグが大きかったことから，音声での会話はあまり行われなかった．

6.10.4 アンケート結果

主なアンケート項目とその結果を図 6.10 に示す．各項目に 5 段階の評価を行った．まず，接続先の様子を知る，相手がドアを動かしている様子が分かる，コミュニケーションに役立つ，といった物理的／直接的なアウェアネスを得る用途については肯定的な評価が多かった．一方で，相手の気分が分かる，相手の様子が感じ取れるといった，接続先の心理的なアウェアネスを得る用途については評価が低かった．

その他の項目としては，ちらりドアを煩わしく感じたかどうかという設問に対しては,「やや煩わしい」が 3 人,「あまり気にならない」が 4 人と，意見が分かれた．その煩わしいと感じた理由，また自由記述においても，ドアを開けた状態で接続先と会話するのはドアの外に声が漏れて迷惑なのではないか，という意見が複数見られた．設置自体に関しては気になるという意見は見られず，また自由記述において意図しない映像が配信されてしまったという事例は報告されなかった．

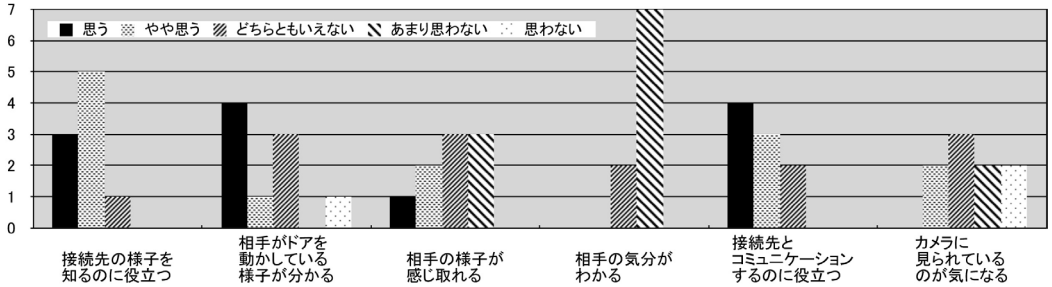


図 6.10: 運用実験のアンケート結果

6.10.5 考察

運用実験において，環境 A についてプライバシーの侵害となる意図せざる映像の配信は確認できなかった．利用者は映像と音声を通じて，接続先の直接的／物理的な状況を知ることができた．コミュニケーションの内容については，映像は有効に機能したものの，タイムラグや音質の問題のため，音声の利用は困難であった．また，効果音／ノック／円の大きさの変化といった，映像／音声以外の情報が接続先のアウェアネスとして有効に活用され，常時互いを意識せずとも適切なタイミングのみコミュニケーションを取ることができた．ただし，電話のように利用されると，物理的な部屋の外と，本システムの接続先との関係にズレが生じるという問題が発生した．こうした場合にも対応できるよう，ドアとの対応を切り離したモードなども必要であると考えられる．

7章

建物内における周辺情報提示

概要

建物内におけるスマートモバイルデバイスを用いた周辺情報提示について述べる．利用者ががデバイスの画面を見る際の視線の方向によって，興味のあるエリアの範囲を入力し，俯瞰地図と利用者視点の切り替えに用いる情報システムを提案する．

7.1 支援する活動

スマートモバイルデバイスの典型的な利用法の一つは，周辺のスポットを発見したり移動することを支援するための，地図などによる情報提示である．ここでは，地図をデバイスのディスプレイに収めることが可能と考えられる屋内の展示等の空間を対象に，周辺のスポットについてのコンテンツを提示する情報システムを提案する．

7.2 想定されるアクセスの不整合

既存の多くの周辺情報提示システムで用いられている周辺情報の提示手法は平面の地図である．元々は紙で利用されており，スマートモバイルデバイスにおいても地図機能はよく見られる．

地図は，周辺の空間にどのようなスポットがあり，どのような位置関係にあるかを客観的に把握するうえでは有効である．ところが，地図は必ずしも利用しやすいインタフェースではない．まず，平面地図を読み取って実際の移動を行うためには，地図の方向を実空間と対応付けなければならない（これを整列効果と呼ぶ [Foreman01]）．また，地図上のランドマークを実空間のそれと対応付けなければならない．このように，地図を読むことは認知的負荷の高い作業であり，自然と歩いている最中に利用することは困難である．特に，サイズの限られたデバイスの小さなディスプレイで地図を利用すると，ズームやスクロールが発生するため，より大きな注意を向けなければならない．

このような問題に対して，利用者が見ている風景に対してコンテンツを重ね合わせる拡張現実感（AR）手法が提案されてきた．AR であれば，利用者の見ている風景と情報提示が一致するため，認知負荷の問題はほぼ生じない．一方で，自分の現在見ている風景に関連した情報提示のみであるため，より広い範囲の情報を得ることが難しい．特に奥行き方向の距離感がつかみにくく，地図を見る場合のように空間の全体像を客観的につかむことは難しいという問題がある．

人間の空間認知においては，自分中心の主観的な視点と，地理的で客観的な視点との空間認知が存在し，移動などの行動においてはこれらを使い分けて遂行していることが知られている [Foreman01]．通常その使い分けは無意識に行われている．しかし，スマートモバイルデバイス上の地図と AR に関しては，利用者が意識的な切り替えを行うことが求められてしまい，移動中の利用を困難にしている．

7.3 セットアップの分析

スマートモバイルデバイスにおいて，カメラで撮影した画面を透かして見える風景にコンテンツを重ね合わせる AR システムは多数提案されている．このようなシステムは周囲の景色に視線を向けていることを想定している．こうしたアプリケーションで，足下を覗き込むとどうなるだろうか？通常は地面に対して有効なコンテンツはな

いので，特になにも表示されない場合が多い．

7.4 デザイン

MapTop は，デバイスを覗き込む方向によって俯瞰地図と利用者視点表示を切り替える情報システムである．MapTop では，デバイスのディスプレイを周囲の風景に重ね合わせるように垂直に近い状態で利用すると，風景に対応するスポットについてのコンテンツを重ね合わせた利用者視点表示を行う．ここで，デバイスを水平にして上から覗き込むようにすると，空間を俯瞰する地図を表示する（図 7.1）．地図表示においても，デバイスを回転しても地図の方向を実空間の方向と揃える．

MapTop のデザインにおいて，Mobile Reaching Out 手法がどのように適用されているかを述べる．スマートモバイルデバイスを向けた方向に見える物や場所の画像に，情報を重ね合わせて表示するモバイル AR のアプリケーションは多数提案されている．AR は閲覧している対象の情報を提示することでアクセスの不整合を生じない操作を実現しているが，一方で直接視認できない遠方のスポットおよび現在向いている方向のスポットも含めた全体の把握を行うことは難しい．ここで，前述したように AR では足下を見る（端末を水平にする）際には意味のある情報は表示しないと考えられる．そこで，この姿勢を情報提示を行っている空間を上から覗き込むようにアクセスするというジェスチュアとして利用する．提示する空間を 3 次元的に表現していれば，この動作によって利用者視点の表示と地図表示とを連続的に切り替えることができる．

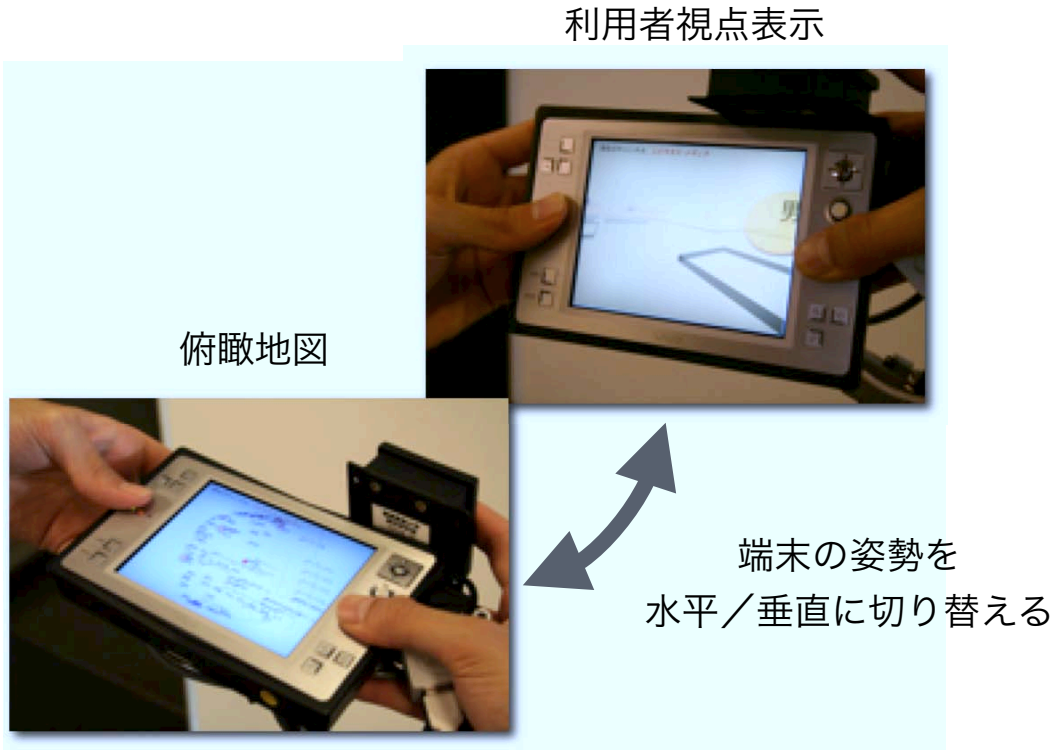


図 7.1: 俯瞰地図と利用者視点表示の切り替え

7.5 試作システム

試作システムを，慶應義塾大学 SFC の研究成果発表会 Open Research Forum 2005 の展示ガイドとして実装した（図 7.2）．会場は東京の六本木ヒルズ森タワー 40F のアカデミーヒルズである．来場者は 3000 人程度であった．9 名の被験者が試作システムを利用した（図 7.3，7.4）．

図 7.2: MapTop 試作システム：利用者視点表示

図 7.3: MapTop を使用する来場者 1

試作システムでは，まず個々のブースの名前と座標が登録されている．展示会場のサービスとして，来場者に HF 帯の RFID タグを配布している．各ブースにはその RFID のリーダーが設置され，来場者が訪れた際に関心を持ったブースでは RFID タグをリーダーにタッチして来訪記録を残すことができる．システムの画面では，各ブースに来訪記録の集計を表示し，人気のあるブースを示す．また，来場者は登録された 4 分類 50 のキーワードの中から関心のあるものを事前に選択しており，個々の分類にお

図 7.4: MapTop を使用する来場者 2

いて来場者が選んだキーワードの数を，分類への関心の強度として用いる．来訪記録の集計時に，個々の来訪は来場者の関心の強度によって重み付けされる．表示する際には，強度をブースの位置に表示する球体の大きさによって表現する．分類を切り替えることで，より自分と関心の近い来場者が訪れたブースが強調される（図 7.5）．

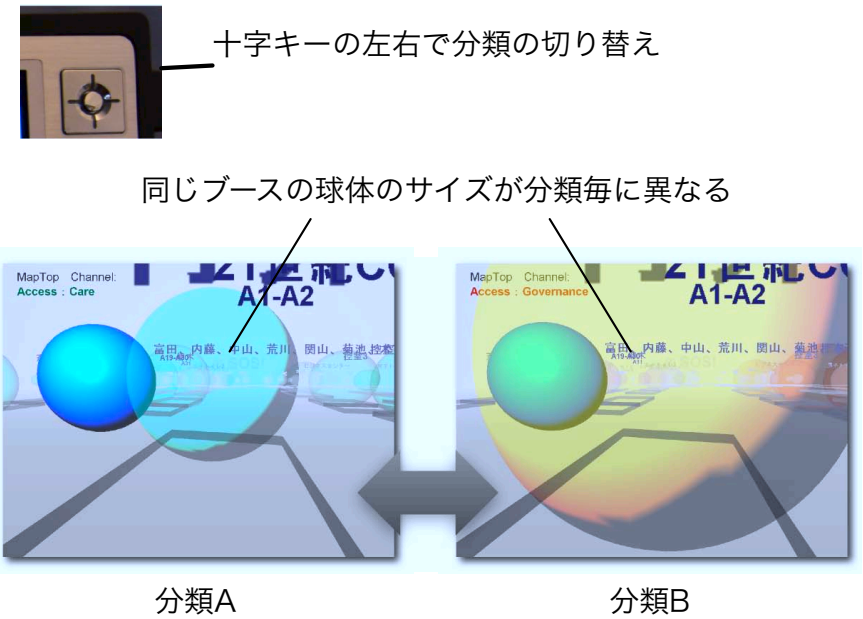


図 7.5: 分類の切り替えによる球体のサイズ変更

試作システムは，Windows XP を搭載する小型 PC 上で実装されている（図 7.6）．システムは Java で構築されている．インタフェース部分は Java 3D を用いている．端末の位置の検出には，無線 AP において電波強度を用いて位置検出を行う Cisco Location Appliance を用いる．端末の方向の取得には地磁気と加速度センサーにより三軸の絶対方位を検出する Point Research TruePoint 電子コンパスを用いた．姿勢の変更による

切り替えは，水平を 0° とした時に，60° 以上にすると地図表示から利用者視点表示への切り替えを行う．逆に，AR 表示から地図表示への切り替えは，30° 以下に倒すことで行う．このようなマージンを与えることで，意図しない切り替えが生じるのを防いでいる．

ブースの RFID タグの履歴と来場者の情報は，RDF 形式で XML データベースに保存され，PHP プログラムを介してアクセスされる．サービスが定期的に新たなタグの履歴を取得し，来場者のキーワード毎に分類してブース DB に保存し，Java クライアントから利用可能にする．

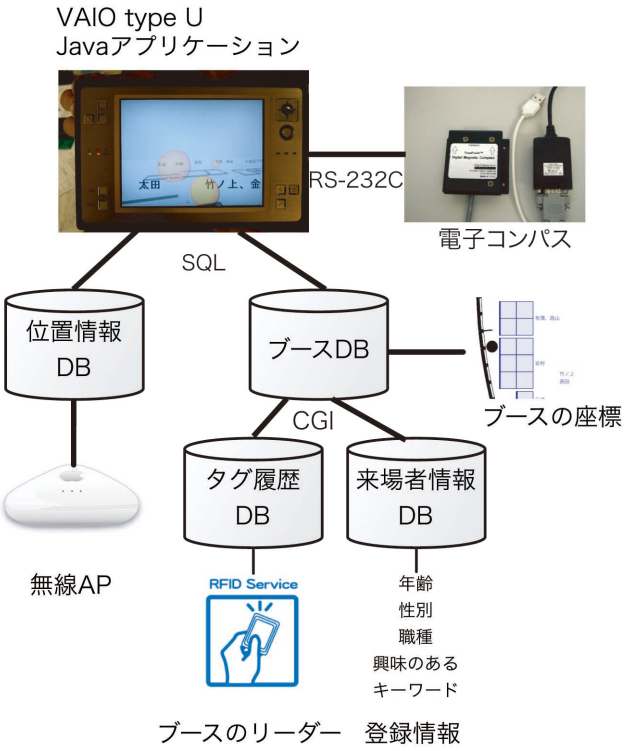


図 7.6: システム構成

8章

徒歩圏内における周辺情報提示

概要

屋外の徒歩圏内におけるスマートモバイルデバイスを用いた周辺情報提示について述べる．人間がデバイスの画面を見る際の視線の方向から，利用者の興味のあるスポットへの距離を入力し，ズーム状態のスクロールに用いる情報システムを提案する．

8.1 支援する活動

ここではMapTop同様に周辺情報提示を行う情報システムを提案する．ただし，扱う空間の範囲を屋外の徒歩圏（現在地から半径1km程度）に拡張する．

8.2 想定されるアクセスの不整合

MapTopのデザインは，地図をスマートモバイルデバイスのディスプレイに収めることが可能な範囲の空間に対しては有効と考えられるが，より広い空間の場合には情報量が多くなり，地図において表示される情報量が限られてしまう．狭い空間の場合には利用者視点表示への切り替えによってより詳細な情報を得ることができたが，空間が広くなるとより離れたスポットについても情報を得たいと考えられるので，MapTopではニーズを満たすことができないと考えられる．

8.3 セットアップの分析

ここではデバイスの傾き，およびそれに伴う視線の変化に着目した．デバイスを手に持って使う際に，デバイスが地面に水平な場合には，上から足下を覗き込むようになり，垂直に近い場合には視線を遠くへ向けるようになることが多い（図8.1）．

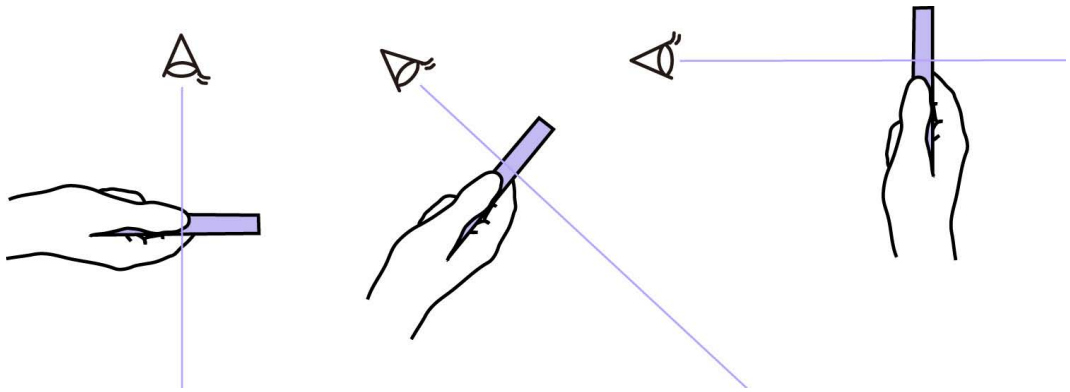


図 8.1: 視線と端末の姿勢の変化

8.4 デザイン

Locoscapeは，現在地周辺の，スポットに対応付けられた情報を閲覧するための情報システムである．機器の傾きに応じて，常に自分から見た方向と距離を把握しなが

ら，徒歩圏の地図の全体と部分とを連続的に行き来して，周辺のエリアをブラウズすることができる．概念を図 8.2 に示す．

Locoscape のデザインにおいて，Mobile Reaching Out 手法がどのように適用されているかを述べる．前述したように，徒歩圏内の周辺情報についての情報をデバイスによって提示する際に，デバイスの限られた画面サイズでは多くのスクロール操作などを要求し，デバイスへ注意を向けることで周辺の風景などから情報を獲得することが難しくなる．そこで，Locoscape においては，デバイスが水平であれば現在地，垂直に近付くにつれてより遠方の地点にスクロールする情報提示を実現した．デバイスの姿勢に連動して人間の視線を上下することを，足下〜水平線に至るまでの距離を示すジェスチュアとして用いることができる．このようなデザインにより，周辺の風景に視線を向けながら，対応する方向と距離にあるスポットについての情報を提示することができると考えられる．

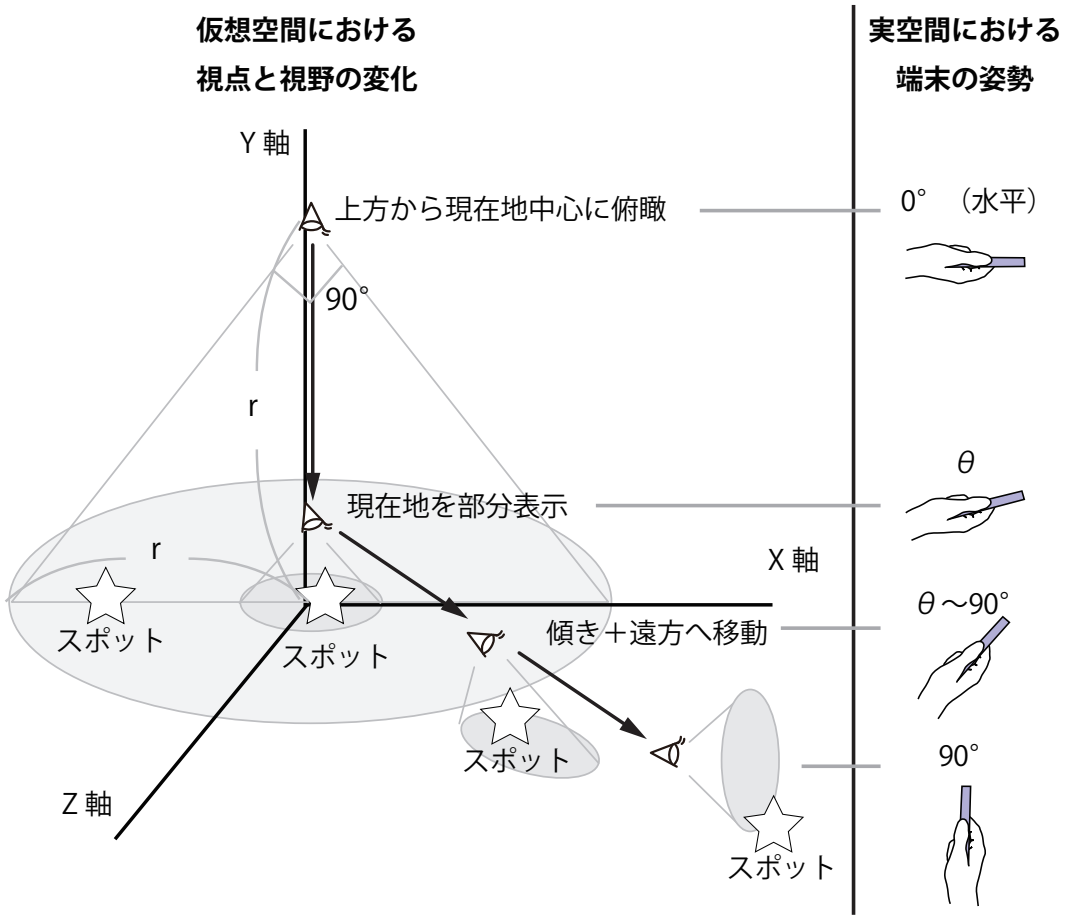


図 8.2: Locoscape の概念図

以下に視点移動の詳細を説明する．

（1）水平：俯瞰地図

機器を水平にした場合（図8.2の0°），画面を上から覗き込むようになる．Locoscapeでは，この状態を空間を俯瞰している状態と見立て，現在地周辺の俯瞰地図を表示する．

試作システムにおいては，表示範囲の半径rを500m〜2kmの範囲で設定可能である．俯瞰地図表示においては，視点の位置は平面地図上における現在地，かつ高さが表示半径rと等しくなっている．注視点は平面地図内の現在地（高さ0）に設定している．また視野角は画面の短辺方向に90°であり，短辺方向の表示域がrの2倍となるので表示範囲の全体を表示する．

また，電子コンパス等を用いて向いている方位を取得し，表示されている地図の向きを常に実空間と対応付ける．

（2）手前に傾ける：周辺地点

機器を手前に0°〜θ（試作システムでは30°）まで傾けると，視点の高さが角度に比例して下がる．試作システムでは，高さはrからrの25％まで下がる．注視点は俯瞰地図と同様に現在地（高さ0）である．視野角は変化しない．

（3）垂直：遠隔地点

機器を垂直に近く傾けていく（図8.2のθ〜90°）に従って，視線の方向を機器の角度マイナスθに設定することで画面内の視線も上げる．同時に，視点を正面方向遠方に，角度に比例して距離0〜rの範囲で移動させる．結果として，機器を傾けるのに従って視線を遠方へ向けるだけでなく，視点の位置も移動することで，表示範囲内の各部分にズーミングすることが可能となっている．

Locoscapeは，観光や街歩き，展示会などにおけるガイドでの利用を想定している．特に，特定の地点に辿り着くことだけを目的とせず，エリアの探索自体が目的であるような場合に，アドホックに現在地周辺のスポットを検索し，移動するような用途に有効であると考えられる．

8.5 試作システム

試作システムの動作例を図8.3に示す．

8.5.1 機能

試作システムを携帯電話上に実装した．画面例を図8.4に示す．画面には，現在地周辺の地図が表示されている．また，コンパスによって方位を，等距離線によって現在地からの距離を示している．例は，検索用のタブを開いた状態である．検索対象として，ウェブ上の周辺のスポット情報サービス[Dokoiku]，飲食店についての口コミ情報サービス[Tabelog]，写真共有サービス[Flickr]等の情報を利用可能となっている．それぞれについて，キーワードおよび現在地からの距離の範囲を指定して検索を行うことができる．検索された情報は，アイコンとして表示される．アイコンをタッチして，ウェブサービスのページ等の詳細情報を開くことができる．

図 8.3: 試作システムの動作例

8.5.2 システム構成

試作システムの構成を図 8.5 に示す．Android プラットフォーム [Android] を搭載したスマートフォンである Dev Phone 1 上に Java 言語によって実装を行った．Dev Phone 1 は GPS および無線 LAN 基地局情報を用いた測位，加速度センサーと電子コンパスを用いた傾きのセンシング，OpenGL ES による 3D グラフィックス表示などの機能を備える．地図の表示には，Google Maps を用いている．ジオコーディング，緯度経度と平面直角座標系の変換に，Android の location API および Java による座標変換クラスライブラリ [Jasmin] を用いている．

無線 LAN 基地局情報を用いた測位により，本システムは見晴らしの悪い市街地や屋内など，GPS 衛星の信号が届きにくい場所でも利用可能である．

傾きのセンサー情報は，そのまま用いると細かく揺れてちらついて感じられるので，前後 5 点の値をソートし，中央値を用いるメディアンフィルタを実装して，ちらつきを軽減している．

8.6 有用性の評価

特定の場所の周辺の複数の飲食店の情報を提示し，その中から行き先を選択するタスクにおいて，Locoscape 試作システムと，ズーミング地図システム（Google Maps[GoogleMaps]）とを，タスクの遂行時間，および主観的な満足度について比較した．

実験を行うにあたって着目した点は，Locoscape における，スクロールとズームを端末の傾きによって操作する手法が，遂行時間の短縮に寄与するか，また満足度を向上させるかである．比較対象とした地図システムにおいては，タッチパネルを用いてボタン

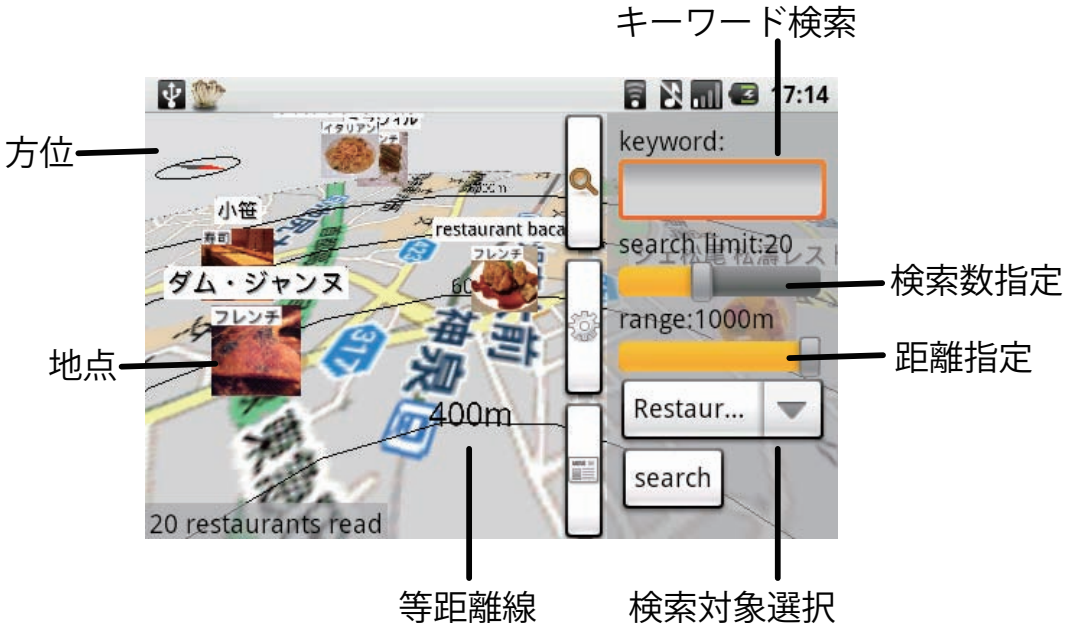


図 8.4: 試作システムの画面例

によるズームイン／アウト，およびフリック操作[1] によるスクロールを行う．Locoscape と比較して．全体の把握および個々のアイテムの閲覧についてステップ数が多いため，遂行時間が長くかつ満足度が低いと予想された．

8.6.1 実験方法

被験者は 20 人で，内男性 14 人／女性 6 人，年齢は 20〜30 歳である．

Locoscape 試作システム（図 8.6）および地図システム（図 8.7）を用いて，特定の駅の周辺でランチをしに行く店を探すというタスクを設定した．被験者は，両システムについて 1 試技ずつ計 2 試技を行った．1 試技は 3 分間以内で，途中でも被験者が情報の閲覧を完了して店を決めた時点で終了とした．場所は，渋谷駅と銀座駅のいずれかであり，飲食店は 20 件を提示した．飲食店の情報としては，店名，ジャンル，および店舗の写真 1 枚を表示した．場所（× 2）とツール（× 2）の組み合わせ，および実施の順序（× 2）によって計 8 通りの実施パターンが存在し，4 パターンについて 3 サンプルずつ，残りの 4 パターンについて 2 サンプルずつ得ている．

被験者へは，試技を行うにあたって両システムの操作方法の説明を行った．Locoscape システムについては俯瞰とズーミングの切り替え，方位の回転，スクロールについて説明し，俯瞰状態から試技を開始した．地図システムについてはフリック操作によるスクロールおよびボタンを用いたズームイン／アウトについて説明し，Locoscape 試作システムの初期条件と揃えるために 2km 四方の範囲を表示する状態で試技を開始した．

[1] タッチパネルを指ではじくことで慣性を伴って画面をスクロールするような操作

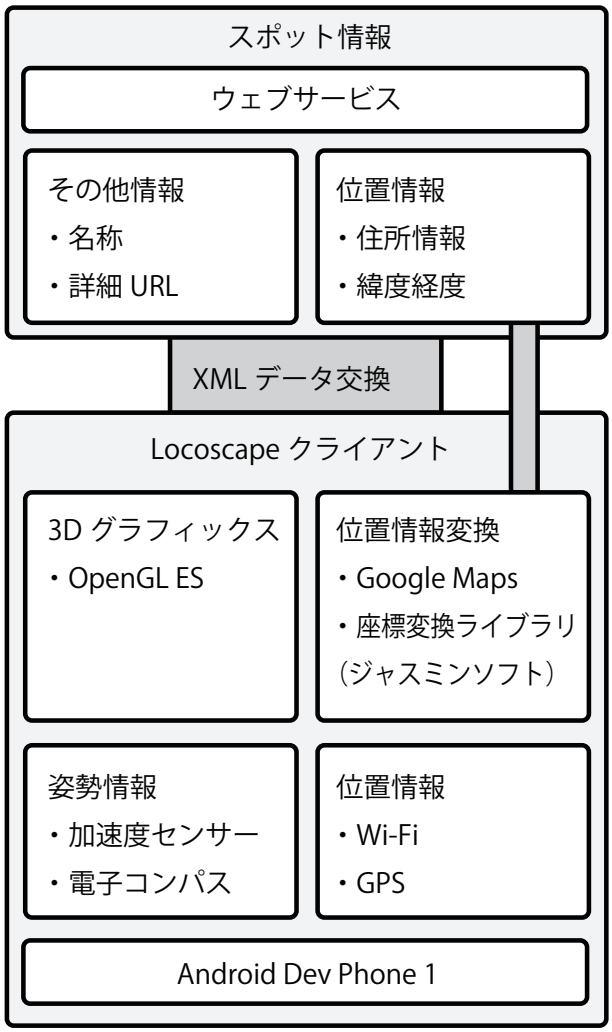

スポット情報
ウェブサービス
その他情報
・名称
・詳細 URL
位置情報
・住所情報
・緯度経度
XML データ交換
Locoscape クライアント
3D グラフィックス
・OpenGL ES
位置情報変換
・Google Maps
・座標変換ライブラリ
(ジャスミンソフト)
姿勢情報
・加速度センサー
・電子コンパス
位置情報
・Wi-Fi
・GPS
Android Dev Phone 1

図 8.5: システム構成図

試技終了後，それぞれの試技について，遂行時間を記録するとともに，被験者は閲覧の行いやすさ，閲覧の楽しさ，ツールの全般的な満足度について，5 段階で評価するとともに，自由記述で意見を記述した．またアンケート回収後，その内容について，簡単なヒアリングを行った．

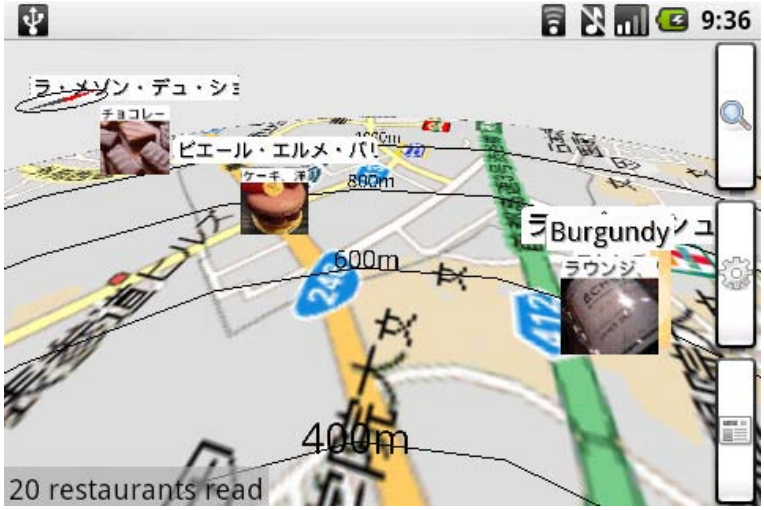


図 8.6: Locoscape システムにおける表示

8.6.2 結果

遂行時間

被験者毎のブラウジングの遂行時間の結果は，図 8.8 のように 20 人中 13 人において Locoscape の方が遂行時間が短かった．なお，平均時間は Locoscape で 81 秒，地図で 88 秒であり，t 検定（$P < 0.05$，両側）において有意差は認められなかった．

閲覧の行いやすさ

閲覧の行いやすさについての結果は，図 8.9 のように Locoscape においては 15 人，地図においては 11 人が「満足」「やや満足」と回答した．マン・ホイットニーの U 検定（$P < 0.05$，両側）において有意差は認められなかった．

個別の被験者について見てみる．Locoscape をより好んだ被験者は，

- スムーズに拡大をしてくれるので，見たいところをすぐ見ることができた
- 自分の場所からの相対的な方向・距離がわかりやすい
- 方向おんちな人でもそうでない人でもわかりやすく場所を探せることから便利に思いました

図 8.7: 地図システムにおける表示

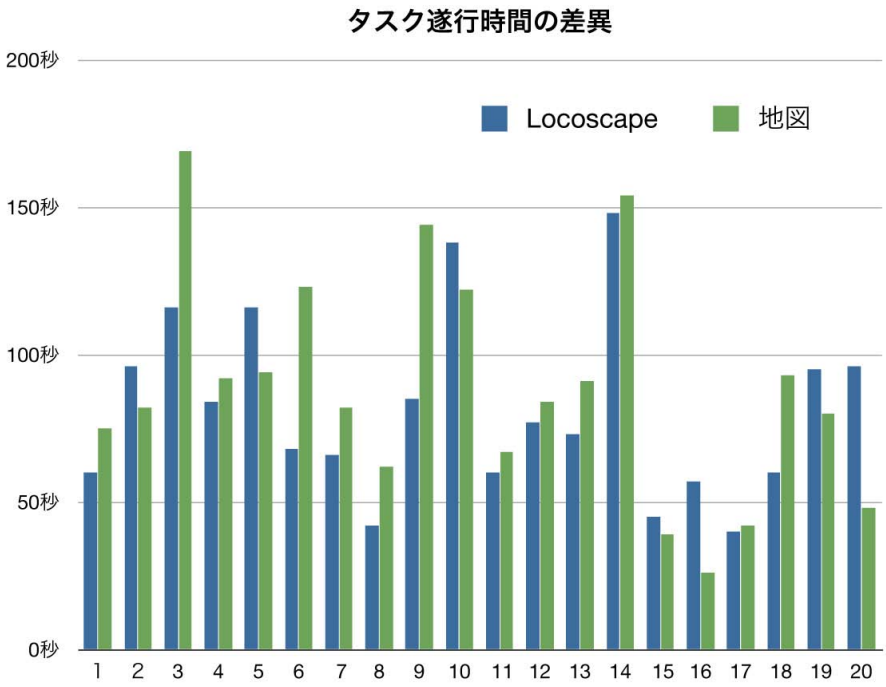


図 8.8: 被験者毎のブラウジングの遂行時間

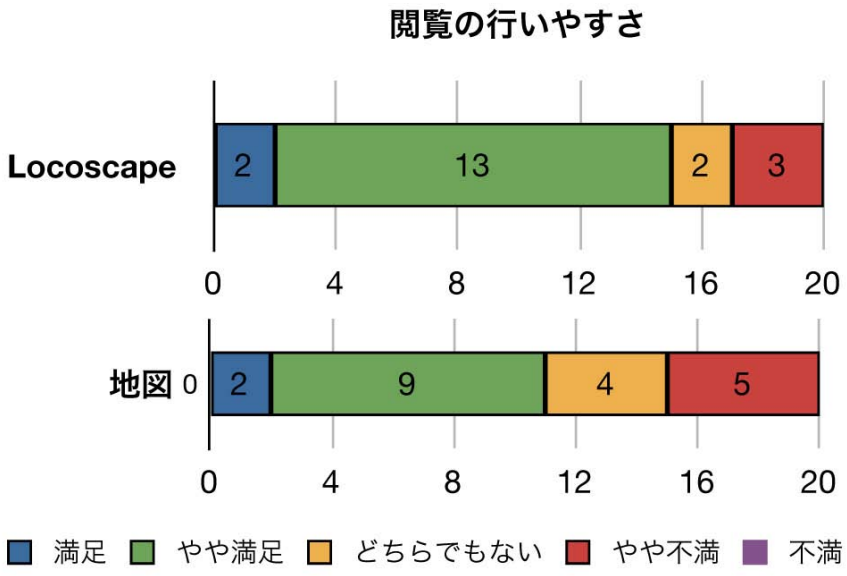


図 8.9: 閲覧の行いやすさ

といった意見を述べた．

一方で，Locoscape の問題点として，

- 立って歩きながらの操作という状況ならば良いが，座っていてこれからどうしようか決める際には使いにくそう
- 感度がいいからか，ズームや方向などの操作がシビアだった
- 情報が重なっている時に見にくいと感じた

といった意見が得られた．

閲覧の楽しさ

閲覧の楽しさについての結果は，図 8.10 のように Locoscape においては 18 人，地図においては 4 人が「満足」「やや満足」と回答した．U 検定（$P < 0.05$，両側）において，有意差が見られた．

自由記述においては，

- 身体動作を伴うので楽しかった
- 傾きで画面が変わるのは，3D みたいで本当に楽しかった
- どっちに何があるのかすぐにわかり，宝探ししてるみたいで楽しかったです

といったように，Locoscape の操作の楽しさを評価する意見が目立った．

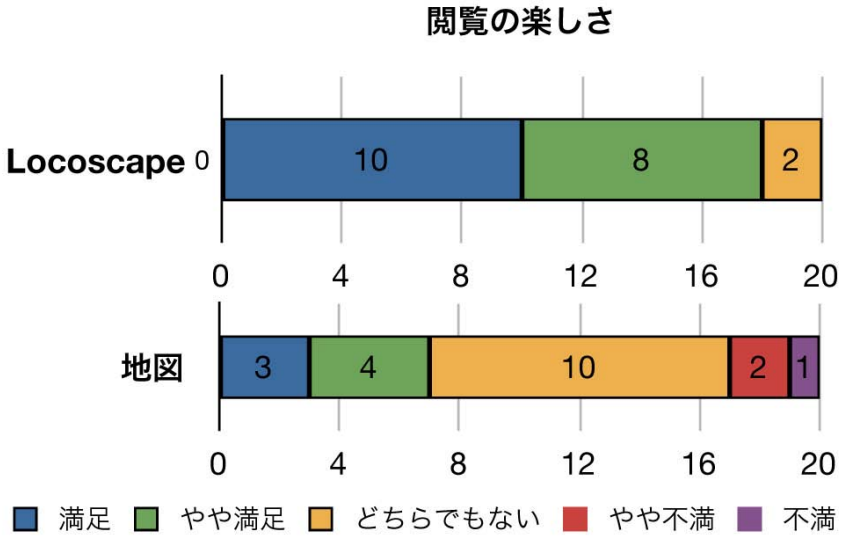


図 8.10: 全般的な満足度

全般的な満足度

全般的な満足度についての結果は図 8.11 のようになった．U 検定（$P < 0.05$，両側）において，有意差が見られた．

8.6.3 考察

Locoscape の優位性

遂行時間は，平均的には同等であるものの，20 人中 13 人とより多くの被験者において Locoscape の方が短かった．これは，Cockburn & Savage の実験において優位だった SDAZ 手法同様，Locoscape においても，通常のズーミング地図インタフェースではズームとスクロールという 2 つのパラメータの操作が必要なところを，1 つのパラメータ（端末の傾き）によって一度に操作可能であり，効率的な閲覧が可能であるためと考えられる．

ヒアリングにおいて自分が地図を読むことが苦手と発言した多くの被験者は，Locoscape において地図が読めなくともスポットの位置が読み取れる点を評価した．Locoscape においては，視線の向いている方向および高さに対応付けて，ズームする地点を自然に指定できる．また，いつでも現在地に戻ることができるため，現在地との位置関係を見失うことがない．これらの特徴の有効性が確認できた．

楽しさについては，Locoscape が地図を大きく上回った．新規のインタフェースであるからという意見も一部にはあったが，全般的には身体と連動した動きの面白さを評価する意見が多かった．Robinson, Eslamblchilar らのデバイスの傾きを用いたインタフェース手法の評価においても，被験者は主観的な選好において概ねこのようなフィ

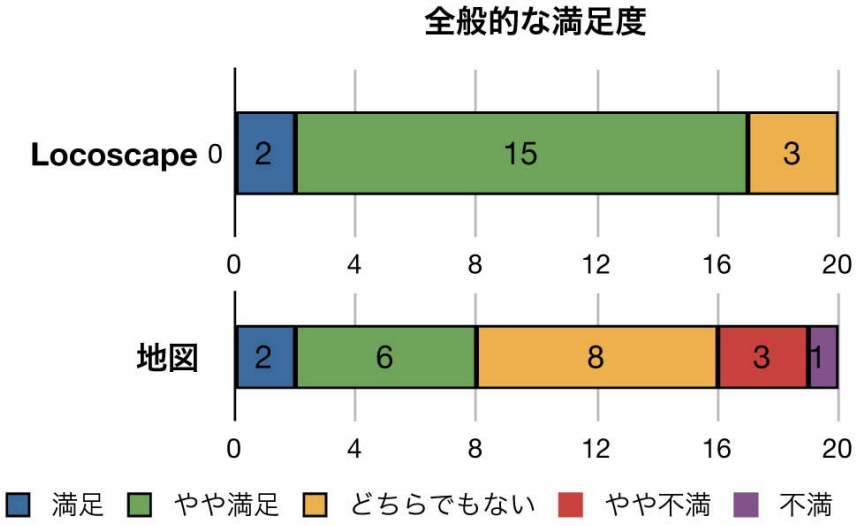


図 8.11: 全般的な満足度

ジカルな動作を伴うインタフェースを選択することが知られている．

このような効率性，位置関係の把握しやすさ，および動きの面白さによって．全般的な満足度が高くなったと考えられる．

明らかになった要改善点

ただし，遂行時間が長かった 1/3 の被験者において特に見られたように，Locoscape の使い勝手については複数の課題が存在した．まず，立って歩いている最中にはいいが，喫茶店で行き先を決めるなど，動きの自由度が低いか，周囲の目が気になるシチュエーションでは使いづらいという意見が複数得られた．そのような場合，システムの中で移動や方向転換をシミュレートする操作モードを用意することが適切と考えられる．また，センサーの感度が良すぎて安定して見られないという指摘も目立った．現状でもメディアンフィルタを用いて突発的な動きを抑えてはいるが，動きを連続的でなく段階的にするなどの工夫も必要と思われる．さらに，項目が重なり合って見にくいという意見も多く見られた．この点については，検索条件の細かな指定等で，同時に表示する項目数を絞り込むことが考えられる．

8.7 運用実験

Locoscape が実際の街中の利用シーンで利用できるか，またどのように利用されるかを調べるため，特定の地域の住民を対象に試作システムを提供する実証実験を行った．

8.7.1 実験方法

実験の対象とした地域は，青森県青森市の青森駅周辺である．被験者は地域住民39人，内男性18人，女性21人，年齢は10代〜60代である．実験は，毎日ほぼ10人ずつ，4日間に渡って実施した．被験者は，実施日の朝にLocoscape試作システム1台を受け取り，1日携帯して利用しながら過ごした．システムは地域に向けてカスタマイズを行い，飲食店情報と，地域において収集した交通事故発生地点および危険箇所情報（図8.12）を表示した．

実験終了後，アンケートにより，システムを適切に利用できたか，および利用の状況について聞いた．質問した項目は表8.1の通りである．

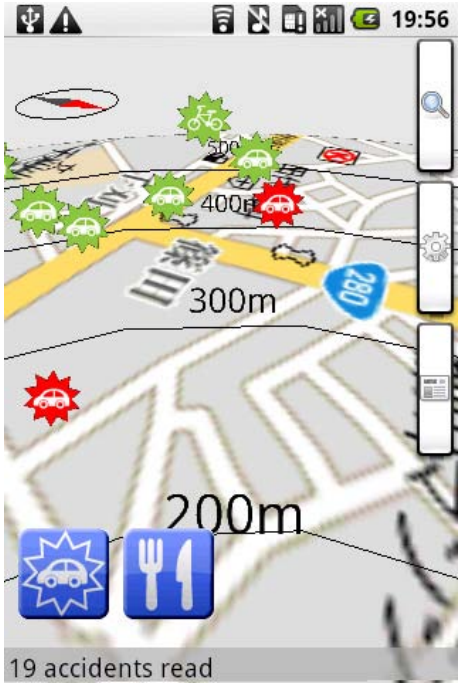


図 8.12: 事故危険箇所情報表示

8.7.2 結果

5種類のアンケートの結果は以下のようになった．

（1）Q１：携帯からの情報内容が理解できましたか？

図8.13に示すように，飲食店情報においては約67 %，事故危険箇所情報においては約41 %の被験者が,「理解できた」あるいは「ある程度理解できた」と回答した．

（2）Q２：今回の携帯からの情報が役に立ちましたか？

図8.14に示すように，飲食店情報においては約49 %，事故危険箇所情報においては約31 %の被験者が,「役立った」あるいは「ある程度役立った」と回答した．

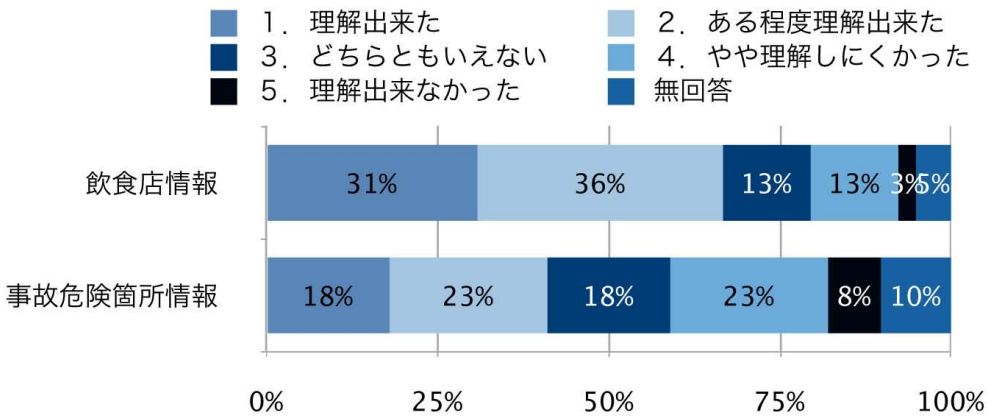


図 8.13: Q１：携帯からの情報内容が理解できましたか？の結果

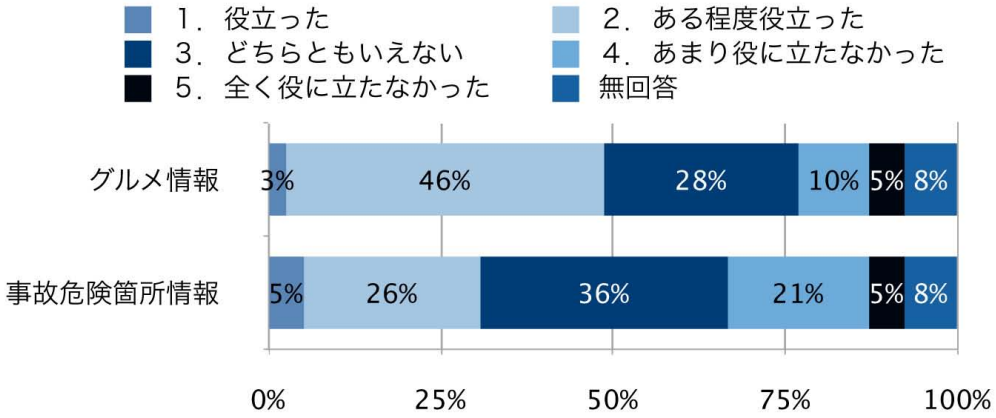


図 8.14: Q２：今回の携帯からの情報が役に立ちましたか？の結果

（3）Q３：携帯に表示された場所の実際の位置がわかりましたか？

図 8.15 に示すように，飲食店情報においては約 61 %，事故危険箇所情報においては約 46 %の被験者が,「わかった」あるいは「ある程度わかった」と回答した.

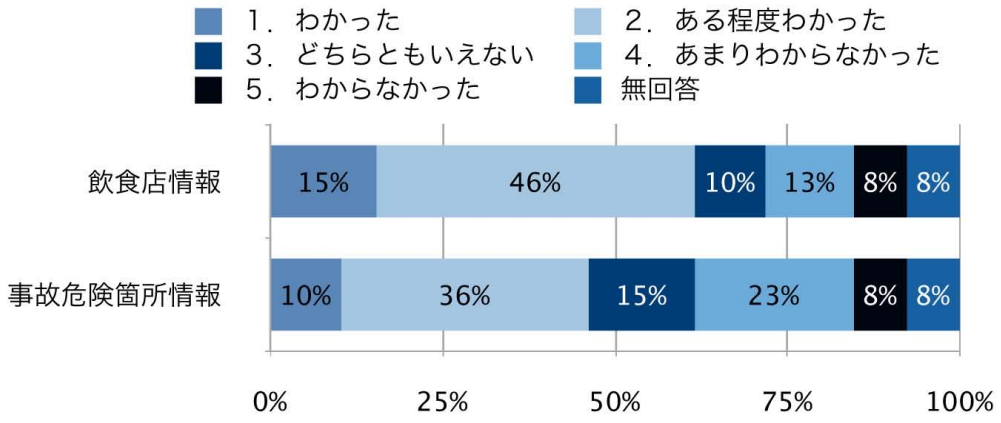


図 8.15: Q３：携帯に表示された場所の実際の位置がわかりましたか？の結果

（4）Q４：携帯で情報を取得した場所はどこですか？

図 8.16 に示すように，いずれの情報についても「普段よく利用する場所・通り」が 64 %であり，最も多かった．また「外出する前（家等）」も 21 %と多かった.

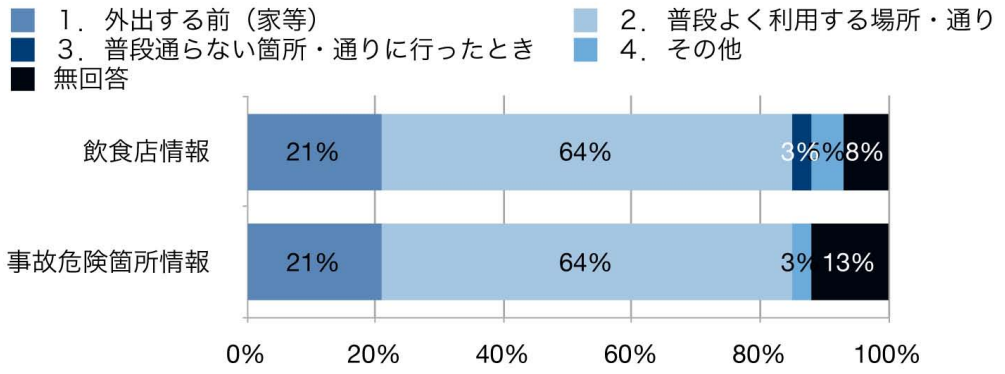


図 8.16: Q４：携帯で情報を取得した場所はどこですか？の結果

（5）Q５：このシステムを日常生活の中で違和感なく利用できましたか？

図 8.17 に示すように，飲食店情報においては約 41 %，事故危険箇所情報においては約 26 %の被験者が,「利用できた」あるいは「ある程度利用できた」と回答した.

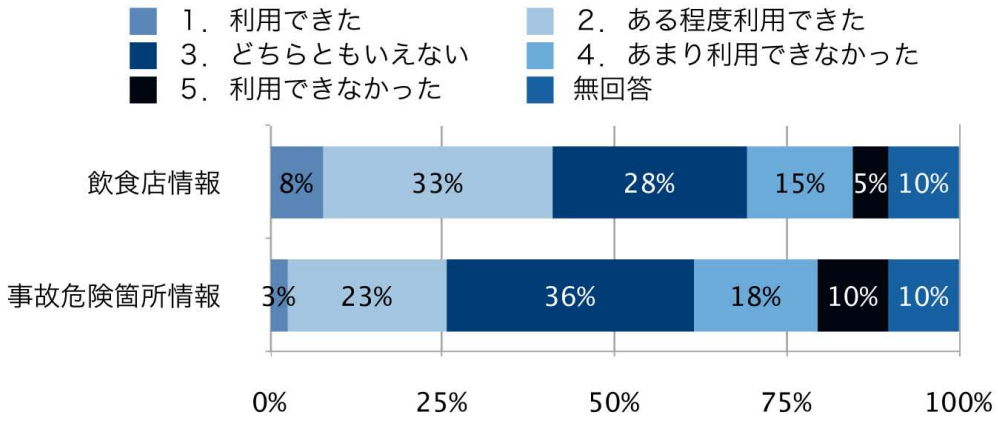


図 8.17: Q５：このシステムを日常生活の中で違和感なく利用できましたか？の結果

8.7.3 考察

飲食店情報については約２／３の被験者が理解できたと答えた．今回の被験者は地域の住民であり，中心市街地の地理や店舗について一定の知識は持っていると推測され，情報の理解度には影響している可能性がある．一方で半数弱の被験者が情報は役に立ったと答えており，たとえ土地勘があっても飲食店の情報は多くの被験者にとって有用であることが示された．事故危険箇所情報についてはいずれの設問においてもパフォーマンスは比較的低かったが，これは情報内容自体について不慣れであることも影響していると考えられる．

情報提示における位置の理解のパフォーマンスに関しても飲食店情報の方が成績がよいが，上記の事前知識の影響もあると考えられる．そこで事故危険箇所情報をみてみると，位置がわかったのは半数弱であり，アイコンによる地図上の正確な位置の表示には改善の余地があると考えられる[2]．

情報を取得する場所とタイミングとしては，路上でかつ既知の場所で多く利用されることがわかった．一方で外出前に外出先の様子を確認するという利用法も屋外ほどではないが多いことがわかった．

日常生活の中でシステムを利用できるかについては，飲食店情報と事故危険箇所情報との間に差があるが，いずれにおいても利用できると答えた被験者が半数を大きく下回った．その理由として，多くの被験者はセンサーの感度やアイコンの重なり合いなど対照実験と共通した問題を挙げており，この点は改善が必要なことがわかった．

[2]例えば吹き出し線表現による位置の正確な提示など

表 8.1: 地域での実証実験における質問項目

質問項目	飲食店情報	事故危険箇所情報
Q１：携帯からの情報内容が理解出来ましたか？	１．わかった ２．ある程度わかった ３．どちらともいえない ４．あまりわからなかった ５．わからなかった	
Q２：今回の携帯からの情報が役に立ちましたか？	１．役立った ２．ある程度役立った ３．どちらともいえない ４．あまり役に立たなかった ５．全く役に立たなかった	
Q３：携帯に表示された場所の実際の位置がわかりましたか？	１．わかった ２．ある程度わかった ３．どちらともいえない ４．あまりわからなかった ５．わからなかった	
Q４：携帯で情報を取得した場所はどこですか？	１．外出する前（家等） ２．普段よく利用する場所・通り ３．普段通らない箇所・通りに行ったとき ４．その他	
Q５：このシステムを日常生活の中で違和感なく利用できましたか？	１．利用できた ２．ある程度利用できた ３．どちらともいえない ４．あまり利用できなかった ５．利用できなかった	

9章

関連研究

概要

ユビキタスコンピューティング，および社会科学における先行研究を紹介し，本研究の背景および新規性といった位置付けを示す.

9.1 概念的枠組み

ここではまず，本研究に連なる概念的枠組みの流れを導入する．図 9.1 に，本研究の概念的枠組みを示している．

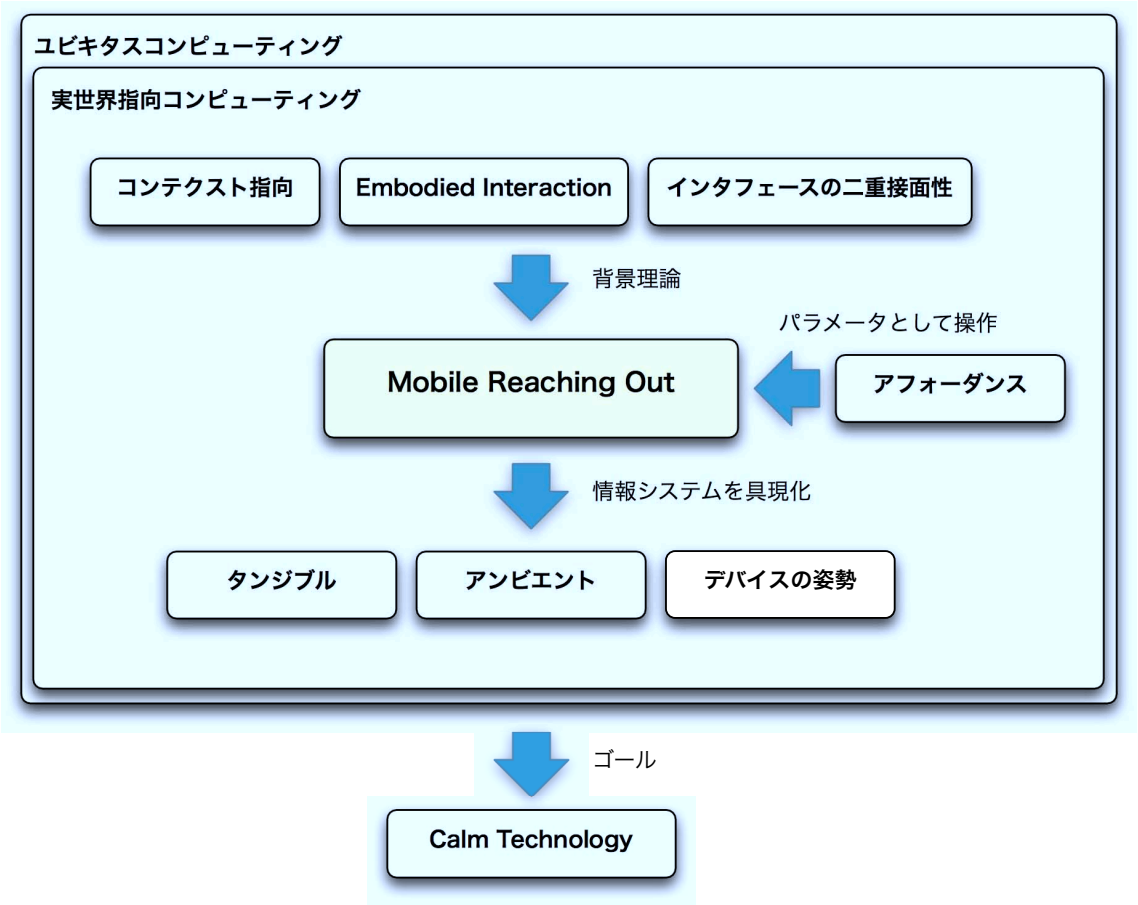


図 9.1: 本研究の概念的枠組み

9.1.1 ユビキタスコンピューティング

本研究は，Weiser によって提唱された**ユビキタスコンピューティング**（ユビコンプ）を背景としている [Weiser91]．ユビコンプ研究においては，実空間と情報システムとを結びつける各種のデザインの提案がなされてきた．これまで一般的に利用されているコンピュータは，それぞれが単独の装置として機能し，基本的には利便性が装置の中，通常はディスプレイされる情報空間で完結していた．しかし，1) 計算能力あたりのコストの大幅な下落に伴い計算能力を様々な装置に持たせられるようになってきたこと，及び 2) インターネットのコネクティビティの遍在，により，様々な装置が相互に接続

されて情報交換を行うことができるようになる．すると，コンピュータの利便性が個々の装置の中に縛られるものではなくなり，我々の生活環境すべてを対象とした利便性を提供できると考えられる．

9.1.2 実世界指向コンピューティング

ユビコンプの大きな特徴は，このように，ディスプレイの枠を超えて実世界をコンピューティングのプラットホームとする点にあり，特にそれを強調した**実世界指向コンピューティング**の研究がなされてきた．

9.1.3 Calm Technology

このように，当初実空間にコンピュータが遍在することとしてユビコンプは理解された．しかし，Weiser は後にユビコンプのゴールを，環境の文脈と調和し利用者の意識を常時占有しない **Calm Technology** と定義するようになった [Weiser96]．Weiser, Brown は，Calm Technology を以下のように説明している：

> The most potentially interesting, challenging, and profound change implied by the ubiquitous computing era is a focus on calm. If computers are everywhere they better stay out of the way, and that means designing them so that the people being shared by the computers remain serene and in control. Calmness is a new challenge that UC brings to computing.[Weiser96]

そして，Weiser らは，そのための重要なデザインの指針として，**Periphery（周辺）**という概念を提起する．我々は，身の回りの対象のすべてに常に意識を向けてはいない．話している相手や，扱っている道具などに，必要に応じて意識を向ける．ユビキタス環境において多数の装置が能動的に意識することを必要とすれば，我々の限られた意識資源はすぐにオーバーフローを起こすだろう．ゆえに，ユビキタス情報システムは，通常は強い注意を引かず，必要に応じて意識の中心に置かれるような，意識資源の配分に配慮したデザインが望ましいといえる．

9.1.4 コンテクスト指向

このように意識資源の必要性を最小化するアプローチとして，**コンテクスト指向**アプローチが提唱されている．コンテクスト指向には厳密な定義が存在する訳ではないが，一般的には人間の行動を統計的モデルとして表現し，パターン認識によってその置かれた状況やニーズを把握しようとする研究が多くなされている．

例えば MIT の Project Oxygen では，埋め込み型端末／携帯型端末／ネットワークを有機的に連携させるとともに，音声認識や画像によるジェスチャ認識を組み合わせ，部屋の状況を認識する取り組みを行っている [Oxygen02]．

MIT ではまた，House_n Project において，住環境を再現した実験環境 PlaceLab を建設し，運動量等の活動情報を計測し，在宅医療に活用するといった研究を行っている [Intille05].

ジョージア工科大学の Aware Home Research Initiative[Abowd00] は，同様のアプローチで住空間におけるコンテクスト指向システムの研究を行っており，例えば離れて暮らす高齢の親の活動状態を本人の写真を入れた写真立てのフレームに表示することで，緩やかな見守りを実現する Digital Family Portrait 等の研究を行っている（図 9.2, [Mynatt01]，[Rowan05]）.

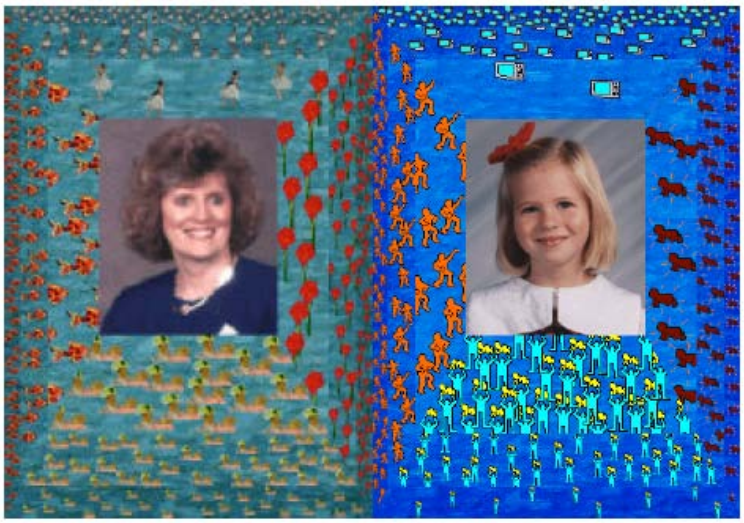


図 9.2: Digital Family Portrait の利用イメージ [Mynatt01]

Mobile Reaching Out 手法が，コンテクスト指向のデザインであるか，あるいはタンジブルなジェスチャを用いたデザインであるか，という点は議論に値する．コンテクスト指向の情報システムにおいては，利用者の動きなどがシステムに認識され，利用者が意識せずともシステムの動作に反映される．一方でジェスチャを用いる情報システムにおいては，利用者はコマンドの意味を理解し，能動的にシステムを操作する．

結論からいえば，MRO 手法に基づくデザインの利用者は，インタフェースを能動的なジェスチャとして用いることが観察された（たとえばちらりドアにおいても，ドアの開閉を能動的に用いてインタラクションする事例が見られた）．ただし，一般的なジェスチャインタフェースと比較して，MRO 手法に基づくデザインは利用者が慣れ親しんだ動作を利用しているため，アプリケーションの使用法を習得する手間はほぼ存在しなかった．このように，人間の身体や行動のコンテクストを理解することは，受動的なコンテクスト指向の情報システムをデザインする場合だけでなく，能動的に操作するジェスチャをデザインするうえでも有用である．

9.1.5 アフォーダンス

環境-人間系のモデルの一つの例が，Gibbsonが提唱した**アフォーダンス**である．前々節ではCalmであることを特別な状態のように記したが，実際には人間の行動の大半は，外部の環境を利用しながら，意識をせずに行われている．例えば歩いて目的地に向かうのに，床と足の関係を意識はしない．歩くという行動は，通常は発達の過程で，身体と物理的なセットアップの双方のありようから生成的に獲得される．記号的な情報に基づく学習などは行われていない．Gibbsonは，このように物理的なセットアップが身体との関係の中で生物の個体に与える（アフォードする）行動の可能性をアフォーダンスと名付けた．

9.2節で述べる，Hallのプロクセミックス研究はGibbsonの影響のもとになされた．また，Normanは，人工物の使いにくさを説明するために，アフォーダンスの概念を人工物のデザインにおける利用法の理解しやすさという意味に転用して用いた[Norman90]．このように，使用者によって解釈の幅はあるものの，利用者が能動的に意識を向けなくとも意味が理解しやすいデザインにおいては，アフォーダンスをパラメータとして操作することが求められる．

9.1.6 タンジブルとアンビエント

ユビコンプにおける，物理的なセットアップの持つアフォーダンスの応用方法として，石井裕らは**タンジブルビッツ**を提唱した[Ishii97]．石井によれば，コンピュータで扱う情報（ビット）の世界は，我々の物理的な世界（アトム）と切り離されている．例えば，そろばんを考えると，数字及びその計算という抽象的な概念を，珠という実オブジェクトとその移動によって表現することで，直感的に理解することが可能になる．であるならば，コンピュータを扱う上での抽象的な概念も，実物体を用いて操作することで理解しやすくなると考えられる．

このようなコンセプトのもと，様々なタンジブルインタフェースが提案されてきた．例えば，Music Bottleは，ボトルのふたを開けると音楽を再生するプレーヤである[Ishii01]．Urpは，都市計画シミュレーションツールであり，模型の地形や建築の配置を変更すると風や日照のシミュレーションが行われ，結果の映像を模型に投影して反映する[Underkoffler99]．InTouchは，動きを共有したローラーを遠隔の二点に配置して，回転の共有を通じて遠隔地の他者の存在感を伝える[Brave97]．

このようにタンジブルビッツは，物理的なセットアップの持つアフォーダンスによって，入力装置であると同時に出力装置でもある．石井らは，風車の回転やランプの色など，オブジェクトの状態を通じて緩やかに情報を提示する**アンビエントディスプレイ**の提案も行ってきた．

このように，タンジブルビッツでは，触れていないオブジェクトはその状態を示し，触れることでより能動的に操作を行うというように，先に述べたWeiserらによるPeripheryの概念の具現化している（図9.3）．

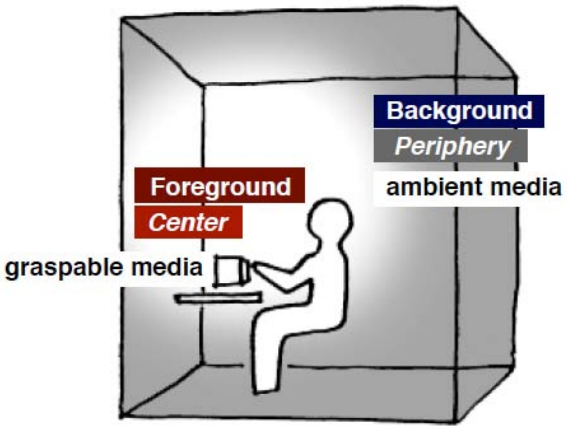


図 9.3: タンジブルビッツにおける Periphery の説明 [Ishii97]

9.1.7 Embodied Interaction

タンジブルビッツを特徴づけるのは，ボトルを開ける，あるいはローラーを回すなど，我々が慣れ親しんだ単純なアフォーダンスを用いていることである．

一方．情報システムのような新しく複雑な人工物が利用者に与えるアフォーダンスは，人間とのインタラクションの中で生成するものである．特に，実世界は他者と共有されているため，その中の人工物のアフォーダンスは，より複雑になり自明でなくなる．

このような背景のもと，Dourish らは，石井のタンジブルアンビエントの概念を，社会的なインタラクションに拡張し，**Embodied Interaction** を定義した [Dourish01]．Embodied Interaction においては，ユビキタス情報システムの与える意味＝アフォーダンスを

Ontology 現象学の用語としての，意味の体系．特にここでは，人間が実世界で行動するうえで対象となる概念，及びその対象間の関係を指す．

Intentionality 主体の指向性．特定の対象に対して，主体が取る態度を指す．

Intersubjectivity 間主観性．特定の意味が，いかに実践の中で他者と共有され共通認識を形成するか，というプロセスを指す．

という観点から整理できるとする．

9.1.8 スマートモバイルデバイスの姿勢による操作

Mobile Reaching Out 手法の特徴としては，スマートモバイルデバイスの姿勢を入力操作に用いる点が挙げられる．以下に，そのようなインタフェースの先行事例を紹介する．

暦本らは，スマートモバイルデバイスの姿勢及び移動を操作の入力として用いる手法 [Rekimoto96]，及び当該手法を用いたタンジブルインタフェース ToolStone の提案を行った（図 9.4，[Rekimoto00]）．Eslambolchilar らも，デバイスを傾けることで，画面のスクロール及びズームイン，アウトの操作を行う手法を提案している [Eslambolchilar04].

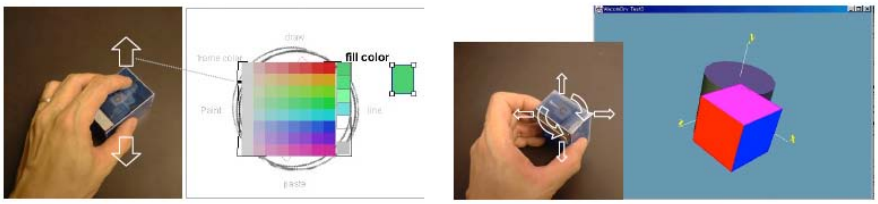


図 9.4: ToolStone の利用イメージ [Rekimoto00]

塚田らは，家電製品の操作のためのモバイル指向ジェスチャデバイス UbiFinger の提案を行っている [Tsukada01].

本研究においては，特にデバイスの姿勢を，利用者がインタラクション対象に向ける視線との関係で意味付けしている点が特徴である．例えば Hide&Seek は，これらに見られるような端末の姿勢を入力情報として用いながら，それが端末の情報へのアクセスがプライベートかパブリックかを識別する情報として用いている．また MapTop, Locoscape においては，それぞれデバイスの姿勢を上から覗き込むというジェスチャーおよび視線を上下させるというジェスチャーとして利用している．[Robinson08] は，その意味では本研究の手法と類似しているが，入力操作に連動した情報提示までは考慮されていない．

9.1.9 インタフェースの二重接面性

このようなデバイスの姿勢による操作は，佐伯が提案したインタフェースの二重接面性の概念 [Saeki88] と深く関連している．佐伯によれば，情報システムは二つの接面を持っている．一つは，利用者が情報システムと接する第一接面．次に，情報システムがその操作する対象と接する第二接面である．そして，佐伯は第二接面のインタラクションが第一接面において利用者に適切にフィードバックされないことを，多くのインタフェースにおける使いにくさの理由として指摘した．MRO 手法においては，デバイスが第一節面であり，活動の対象が第二接面である．そして，第二接面における視線を向けるというアクションが，第一接面におけるデバイスの姿勢変化と対応付けられることで，両者の整合を図っている（図 9.5）．

9.1.10 本研究の位置付け

本研究の提案する Mobile Reaching Out 手法は，まずスマートモバイルデバイスというユビコンプで利用される典型的な装置を対象に研究を行っている，その中でも，実

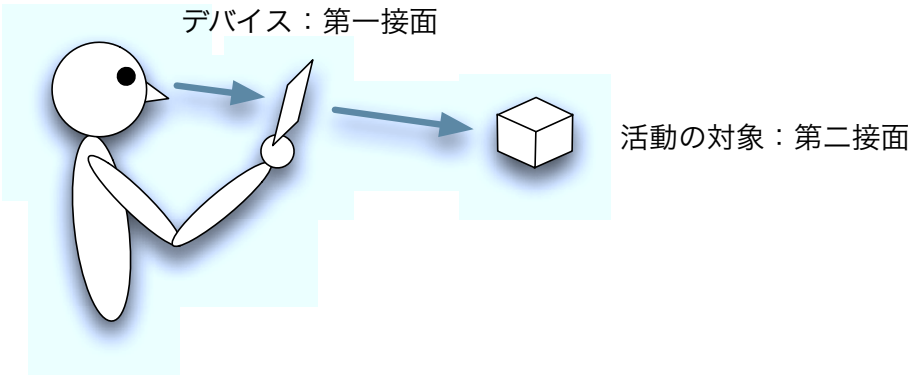


図 9.5: MRO 手法に置ける二重接面性

空間の中のインタラクションについて，Calm Technology–利用者がテクノロジーに意識を取られずに活動の支援の実現–を目指すものである．そのためには，人間が特定の環境及び状況から与えられるコンテクストを理解し，アフォーダンスを操作することが必要である．具体的には，活動する対象との距離およびデバイスのサイズやディスプレイの性質といったコンテクストを用い，それを向けるというアクションの意味付け＝アフォーダンスが変化するので，それを分析し，デバイスを第一接面として活動の対象を第二接面とするタンジブル及びアンビエントなインタフェースとして応用した．

以下の節では，本研究で扱った 1) 近傍のコミュニケーション，2) 同建物内＋遠隔のコミュニケーション，3) 周辺情報提示，の活動における関連研究を挙げ，本研究で提案したデザインの新規性等の位置付けを明らかにする．

9.2 近傍のコミュニケーション

近傍のコミュニケーション研究における本研究の位置付けを図 9.6 に示す．

9.2.1 単独のデバイスによるコミュニケーションの支援

松原らは，DataJockey で示したように，コンテンツの共有がコミュニケーションを促進するという仮説から，特に人が集まる喫煙所のようなインフォーマルな人の集まりとコミュニケーションを促進する機能を有する場を言い訳オブジェクトと定義付け，サイバー囲炉裏（図 9.7）という試作システムを通じてその機能を実証した [Matsubara02]．

Dietz らの DiamondTouch は，一台のテーブルをスクリーンとして用いる複数人向けのコンピュータシステムである（図 9.8，[Dietz01]）．タッチによる操作が可能であり，人体を通る微弱電流を信号として用いることで触れている個人を識別し多人数で，同時に多人数による操作を実現している．

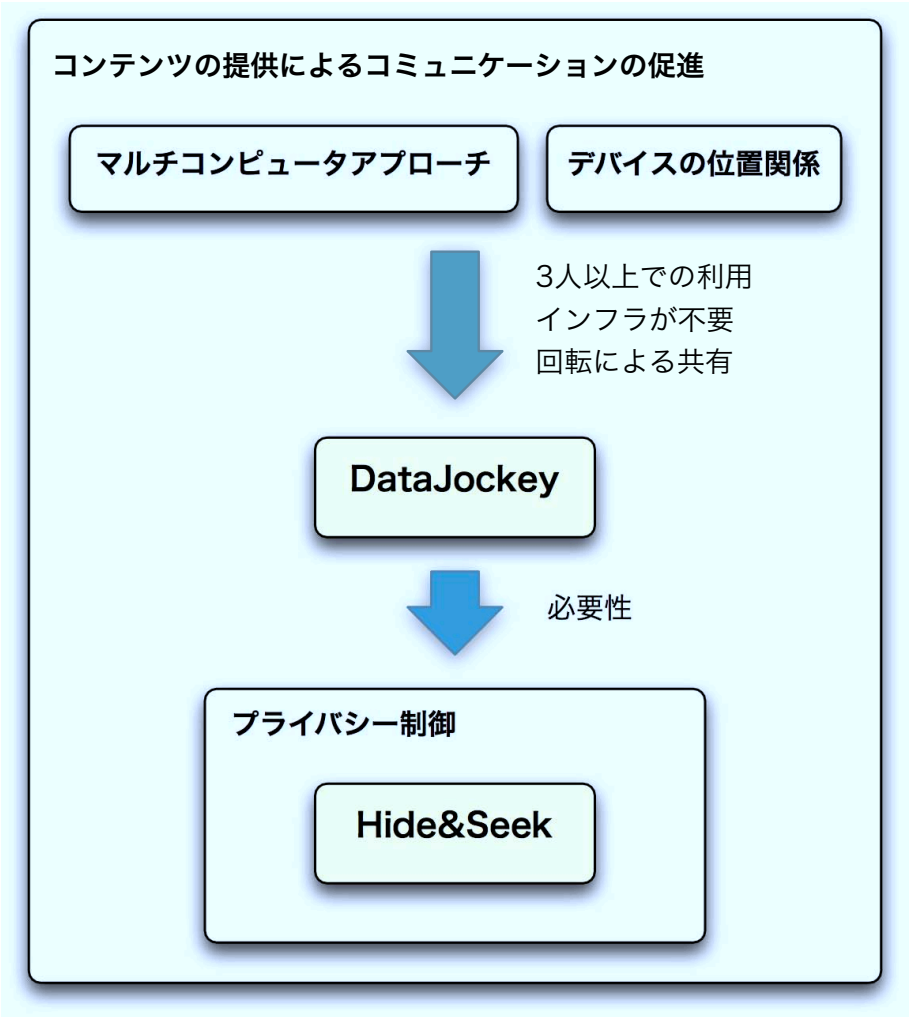


図 9.6: 近傍のコミュニケーション研究における本研究の位置付け

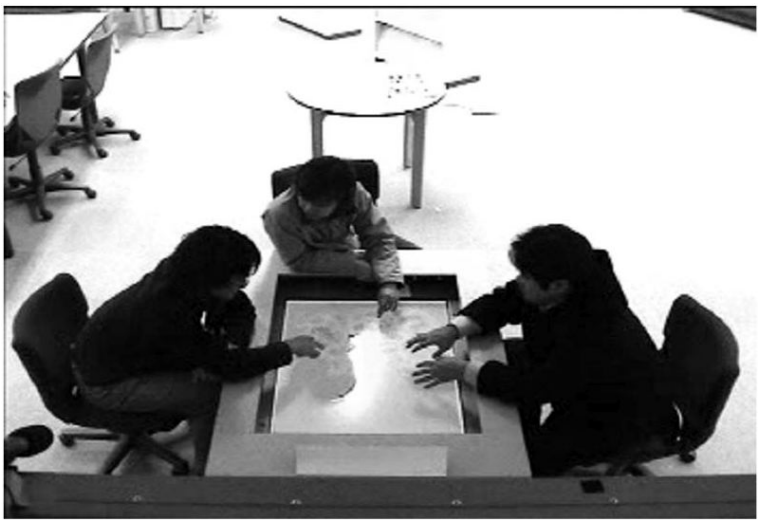


図 9.7: サイバー囲炉裏の利用イメージ [Matsubara02])

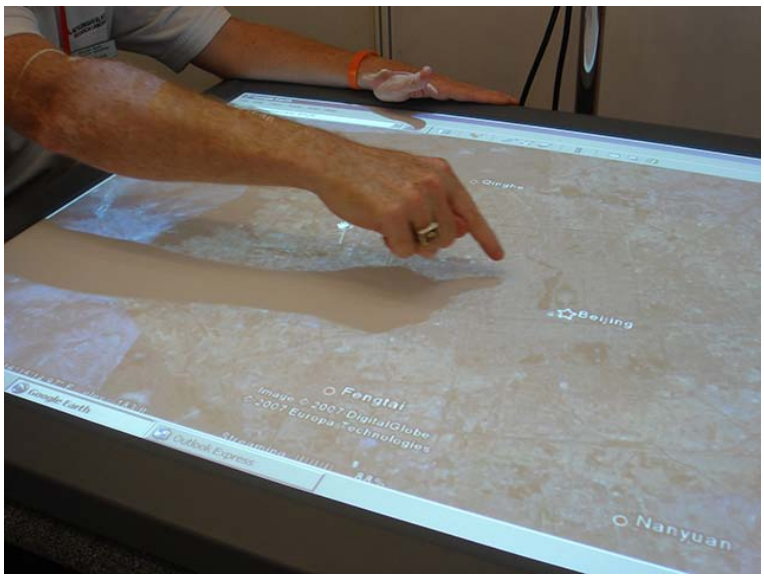


図 9.8: DiamondTouch の利用イメージ（筆者が撮影）

9.2.2 マルチコンピュータアプローチ

DataJockey のように，近くにある複数のデバイスを連携させ，一つの情報システムを構成するという提案がこれまでにもなされてきた．

典型的な例としては，暦本らによるマルチコンピュータアプローチが挙げられる [Rekimoto97]．マルチコンピュータアプローチでは，複数のコンピュータがネットワーク接続され，一台のコンピュータの画面でアイテムに触れ，別のコンピュータの画面に触れるとそちらにアイテムが移動するなど，統合された情報システムとして振る舞う．図 9.9 にマルチコンピュータアプローチの代表的な手法である Pick&Drop の利用イメージを示している．

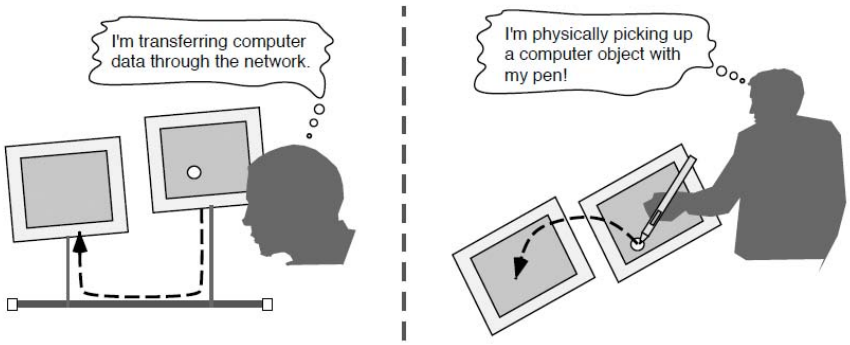


図 9.9: Pick&Drop の利用イメージ [Rekimoto97]

9.2.3 複数のデバイスの位置関係

その後，複数のデバイスをただ連携させるだけでなく，その位置関係に応じて複合画面を構成するというアプローチが現れてきた．例えば神武らは，複数のデバイスを組み合わせるトポロジーを識別し，棚やスクリーン等の役割を自動で切り替える U-Texture の提案を行った（図 9.10，[Kohtake05]）．

9.2.4 複数のデバイスによるコミュニケーションの支援

Streitz らは，会議において，個々の参加者が使用する PC，大型スクリーン，またビデオによる遠隔地のからの参加者を統合した CSCW 環境 Dolphin の提案を行った [Streitz94]．また森岡，杉川らは，複数のデバイスを連携させてコミュニケーションを支援するというコンセプトを，WirelessDAN において示した [Morioka97]．

Tandler, Streitz らは，Dolphin のコンセプトを発展させ，移動可能なテーブル型コンピュータを近づけると，U-Texture のように画面が結合して一台のコンピュータのように利用できる ConnecTables の提案なども行っている（図 9.11，[Tandler01]，[Streitz04]）．

図 9.10: U-Texture の利用イメージ [Kohtake05]

Hinckley らは，デバイスどうしをぶつけ合い，生じた加速度からぶつけた方向や辺を識別して複合画面を構成する手法を提案した．

図 9.11: ConnecTables の利用イメージ [Tandler01]

9.2.5 近傍のコミュニケーションにおけるプライバシー制御

複数のデバイスを複合させる場合のプライバシーに配慮した例として，Shen らは，携帯するラップトップ PC のコンテンツを交換するために，一度共有の中華テーブル型の装置にコンテンツを移して交換するという提案を，UbiTable において行った（図 9.12，[Shen03]，[Shen04]）．

9.2.6 本研究の位置付け

DataJockey も IRORI のようにコンテンツの共有を用いてコミュニケーションを促進する．また DataJockey は典型的なマルチコンピュータアプローチの情報システムであり，かつ ConnecTables に見られたように複数のデバイスを複合させる場合の位置関係を考慮しながらコミュニケーションの支援を実現している．Hide&Seek においては UbiTable のようなコンテンツ共有のアクセス制御を行っている．

ただし既存手法においてはそれぞれ 1)3 人以上での利用ができない，2) テーブルなどのインフラ設備を必要とする，3) コンテンツ共有手法，といった課題があり，DataJockey ／ Hide&Seek においては 3 人以上で利用できる，デバイスのみで利用可能でありインフラ設備を必要としない，コンテンツの教諭に回転を用いることでコミュニケーションを促進する，といった特徴がある．

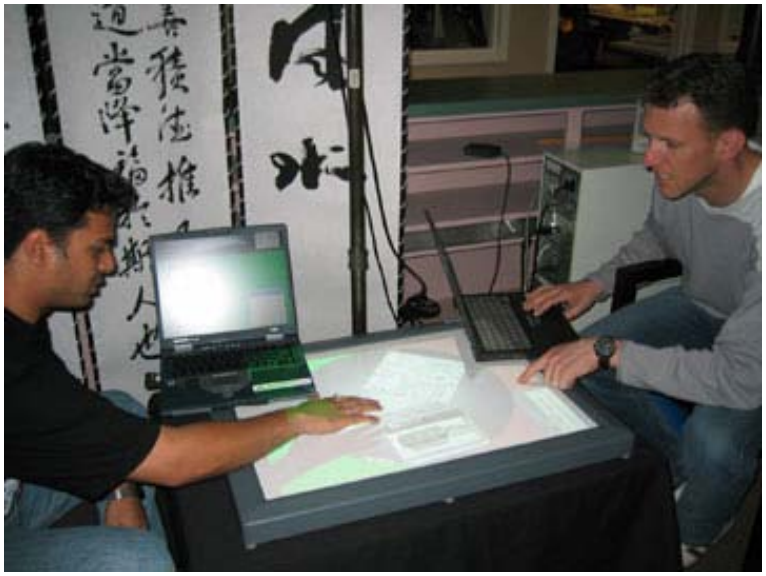


図 9.12: Ubitable の利用イメージ [Shen03]

9.3 同建物内＋遠隔のコミュニケーション

同建物内＋遠隔のコミュニケーション研究における本研究の位置付けを図 9.13 に示す.

9.3.1 遠隔コミュニケーションのプライバシー制御

ちらりドアの目的とするような，遠隔コミュニケーションにおけるプライバシー制御手法の提案が，Greenberg らを中心になされてきた．例えば Greenberg は，グループのメンバーの PC の動作状況を調べ，直近でアクションが行われたか，ログインしているか，接続可能か，といった状況によって活動状況を可視化する Peepholes システムを開発した（図 9.14，[Greenberg96]）．プライバシー保護の観点では，Kuzuoka, Greenberg らは，小さな人形をカメラに向けることでカメラをアクティブにするタンジブルインタフェースを提案している [Kuzuoka99]．その後，Neustaedter，Greenberg らは，SOHO を対象に，ボタン／スライダー等に各能動的な制御と，人感センサ等による人の有無に応じたプライバシー制御を行えるシステムを開発している（図 9.15，[Neustaedter03]）．

Dourish らは，遠隔地間で，動画でなく数秒間に 1 コマの静止画を交換し，それをグループのメンバーについて一覧する Portholes 手法の提案を行った（図 9.16，[Dourish92]）．

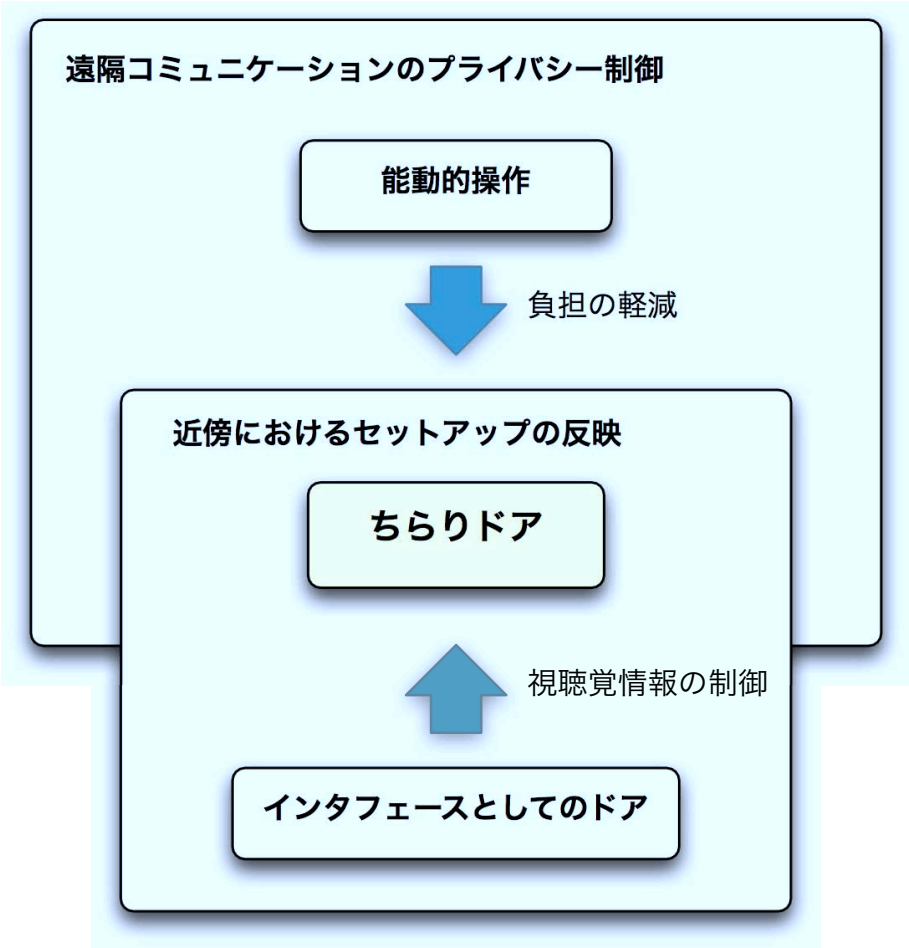


図 9.13: 同建物内＋遠隔のコミュニケーション研究における本研究の位置付け

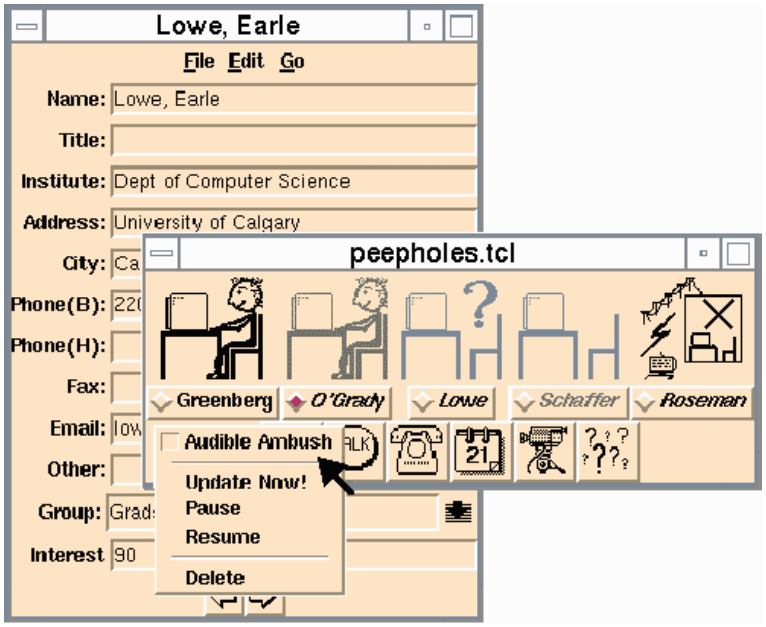


図 9.14: Peepholes の実装イメージ [Greenberg96]

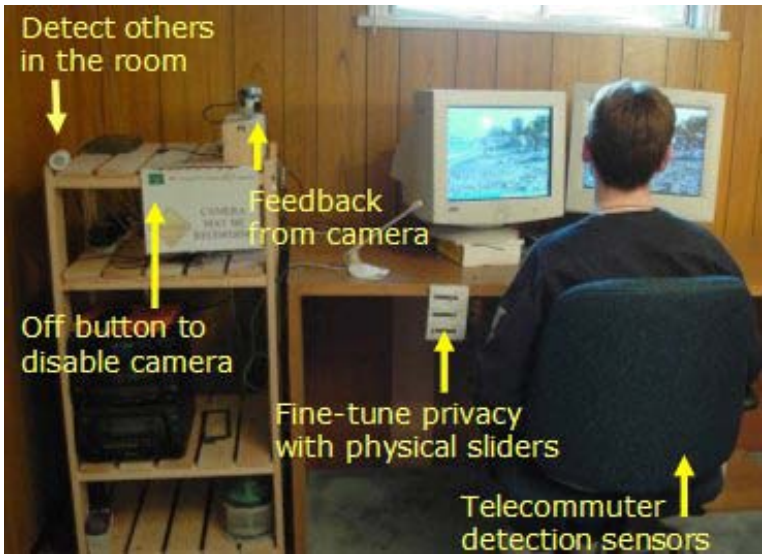


図 9.15: プライバシー制御システムの実装イメージ [Neustaedter03]

図 9.16: PortHoles の実装イメージ [Dourish92]

9.3.2 インタフェースとしてのドア

プライバシー制御の観点以外で，ドアを入力インタフェースとして用いる研究は，継続的になされてきた．まず Buxton らはドアの開き具合をインスタントメッセンジャーの状態表示に用いる提案を行った（図 9.17，[Buxton97]，[Buxton05]）．Buxton らはまた，部屋の外から人が入ってくる際の動きに着目し，ビデオ会議を申し入れてきた相手がまずドア脇のディスプレイに表示され，会議を許可した際に初めて目の前の PC の画面に相手の映像が移動する，というようなドアのメタファの提案を行っている [Buxton05]．Nichols らはドアに着目し，ドアのインタフェースとディスプレイとしての役割について綿密な考察を行っている [Nicholas02]．また，Nguyen らは，本研究ではあまり取り上げなかったドアのディスプレイとしての役割に着目し，情報提示システムを開発している [Nguyen00]．

9.3.3 近傍におけるセットアップの遠隔コミュニケーションにおける反映

ドア以外についても，近傍におけるセットアップを，遠隔のコミュニケーションにおいても反映させようという試みがなされてきた．Dourish は，メディアスペースの研究において，遠隔地とのビデオコミュニケーションにおいて指差しの方向の不一致が生じることを指摘している [Dourish01]．石井らは，一対一のビデオコミュニケーションにおいて，目の前の相手のような位置関係を実現する ClearBoard の提案を行っている（図 9.18，[Ishii92]）．上杉，三輪は，遠隔地間で中華テーブルの回転及び位置関係を同期することで，お互いの存在感を高められることを示した（図 9.19，[Uesugi04]）．三輪らはまた，遠隔地の相手のシルエットを障子の影として表現することでも，同様

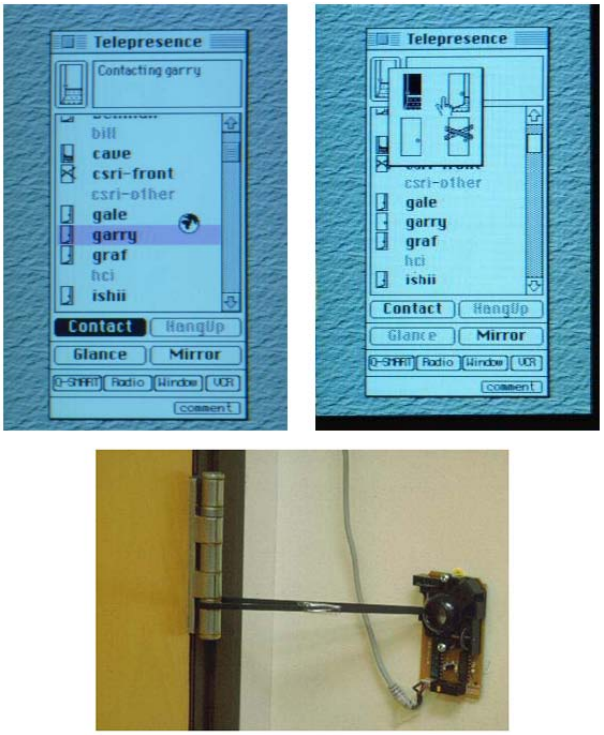


図 9.17: DoorMouse の実装イメージ [Buxton05]

の効果が得られることを示した（図 9.20[Miwa04]）.

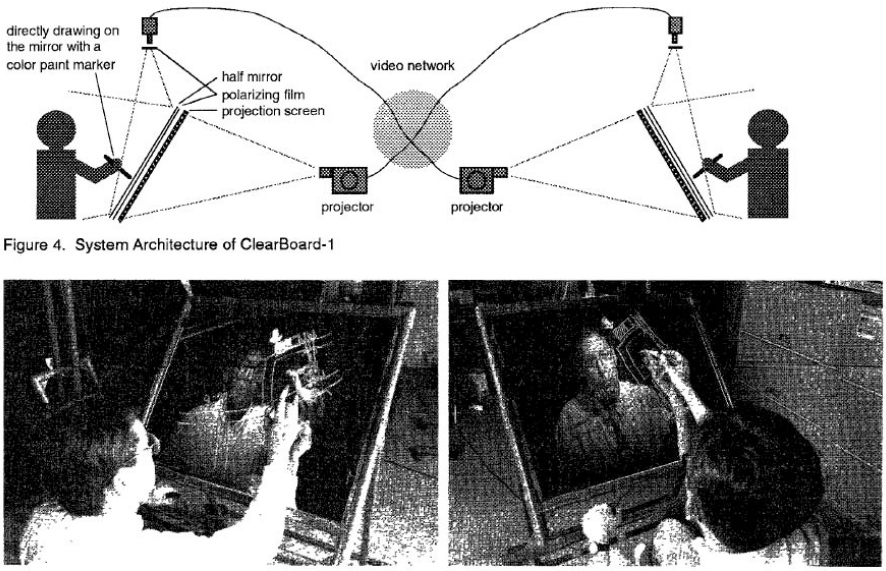


図 9.18: ClearBoard の利用イメージ [Ishii92]

9.3.4 本研究の位置付け

既存の遠隔コミュニケーションにおけるプライバシー制御手法は，能動的な操作を行うものが中心である．ちらりドアにおいては，ドアを利用者のコンテクストとして用いることで，能動的な操作の負担を軽減している．

ちらりドアは，ドアをコンテクストとして用いるという意味で Buxton の提案に類似しているが，ドアの開閉による視聴覚情報のアクセスの変化をに，ビデオコミュニケーションの視聴覚情報をマッピングした点が異なっている．

他にも，近傍におけるセットアップを遠隔コミュニケーションに応用する研究は多数なされており，本研究はそれらに連なるものである．

9.4 周辺情報提示

周辺情報提示の研究における本研究の位置付けを図 9.21 に示す.

9.4.1 地図インタフェース

モバイルで最も広く利用されている地域情報インタフェースは地図である（図 9.22）. 近年は Google Maps[GoogleMaps] 等，連続的なズーミングによってユーザビリティを向上させたものが登場してきた.

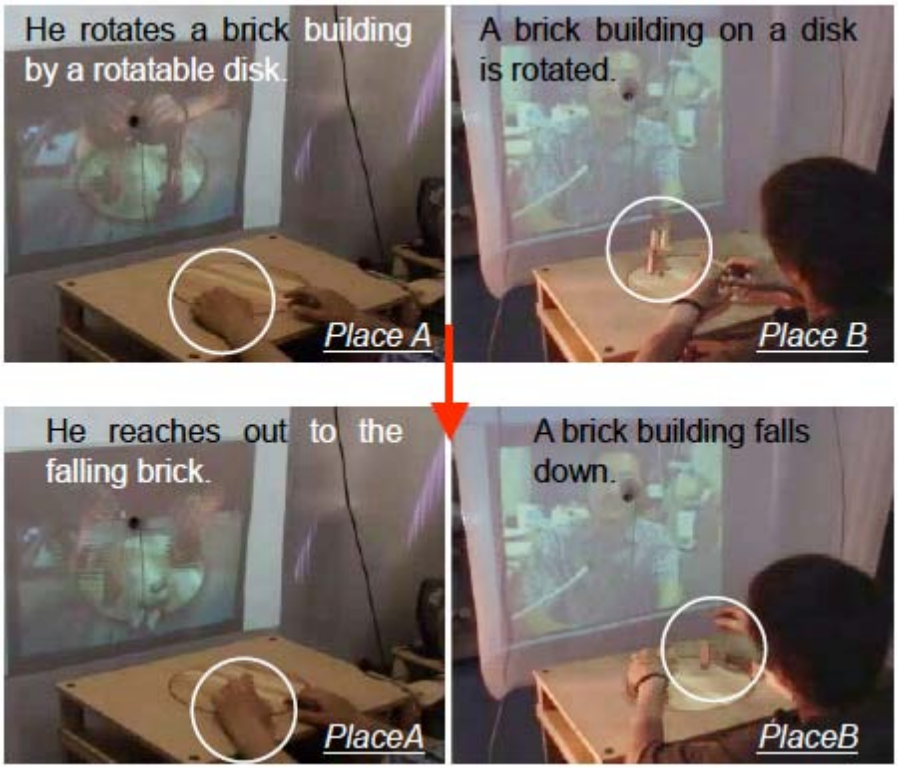


図 9.19: 遠隔地とテーブルの回転を共有する例 [Uesugi04]

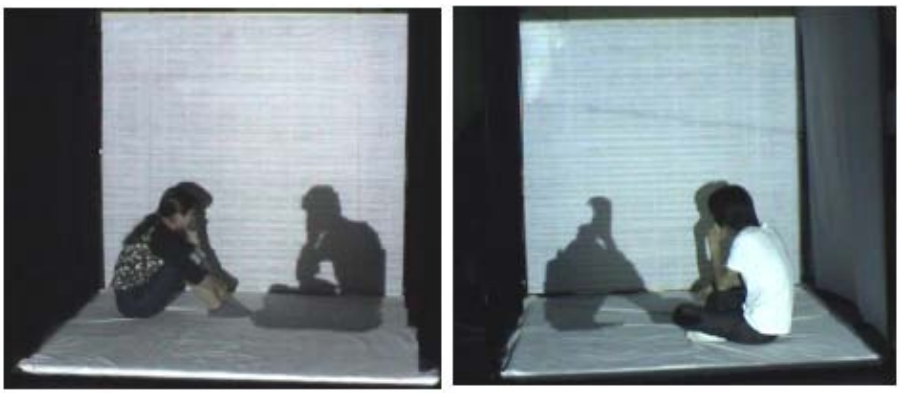


図 9.20: 遠隔地と障子の影を共有する例 [Miwa04]

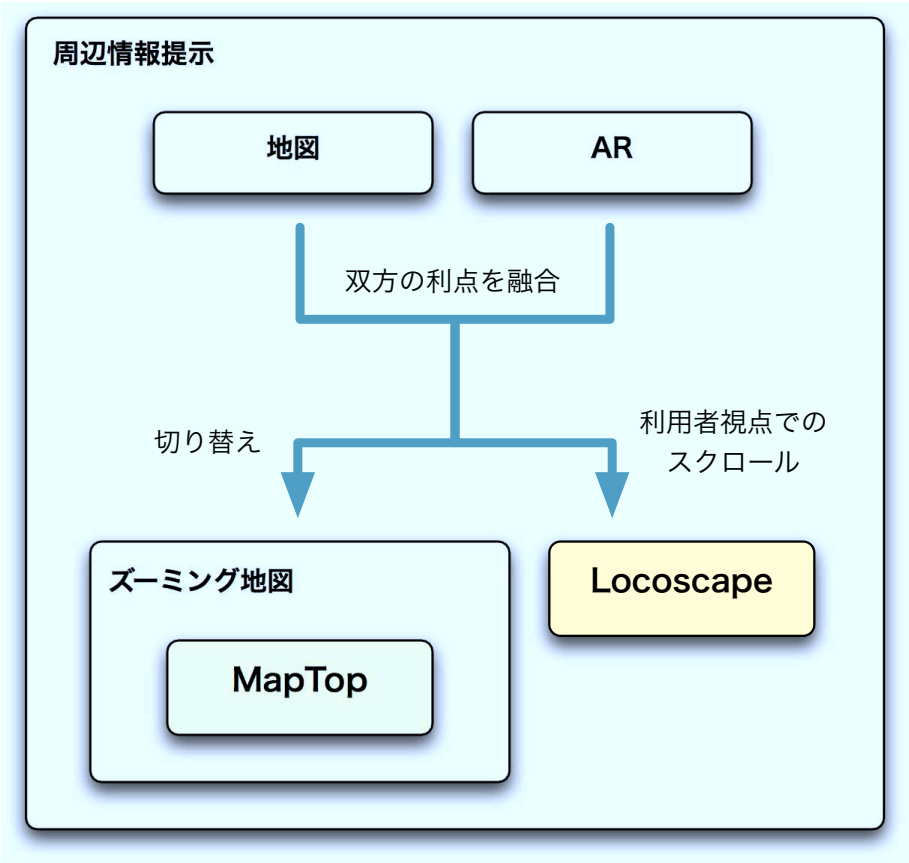


図 9.21: 周辺情報提示の研究における本研究の位置付け

地図は，広い範囲の空間を一望し，客観的な位置関係を把握するうえでは適している．一方で地図を読み取り，実空間でナビゲーションを行うことは，7章2節で述べたように大人でも多くのエラーが発生する難しい課題であることが知られている [Murakoshi08]．またデバイスの画面サイズは通常 2〜4 インチ程度に限られており，情報が構造化されていない地図を閲覧するためには拡大／縮小／スクロールを多用する必要がある．Ishikawa et al[Ishikawa08] によれば GPS 携帯を用いた際のナビゲーションのパフォーマンスは地図を携行した場合および何も持たない場合にも劣ると指摘されている．

図 9.22: 地図表示の例 [GoogleMaps]

9.4.2 拡張現実感（AR）インタフェース

上述のような地図と実空間の対応付けの困難を解消するために提案されてきたのが，端末を向けた方向の映像に情報を重ね合わせる AR 手法である．例として，現在見ている対象物および風景に，HMD 等を用いて情報をオーバーレイする手法も広く提案されている [Feiner97] [Thomas98]（図 9.23）．その他，写真を連続的にズーミングする手法 [Tanaka02]，ベルトに取り付けた振動子によって方向を提示する手法 [Tsukada04] などが提案されている．

AR 手法は，今目の前に見えている風景と情報が一致して表示されるため，実空間との対応付けは容易である．ただし，情報提示を行える範囲が利用者の目に見える範囲に留まるため，ピンポイントに現在地の情報を示すうえでは有効であるが，広い範囲の空間についての情報をブラウズする用途には向いていない．

図 9.23: AR 表示の例 [Feiner97]

9.4.3 ズーミング地図インタフェース

デバイスの限られた画面サイズにおいて，地図と AR はそれぞれ表示範囲の全体と部分の表示に関するトレードオフを持っている．この問題は一般にインタフェースにおける Focus & Context の問題として知られており，それを解消するために全体と部分とをズーミングのメタファによってナビゲーションするインタフェースが提案されてきた．3D 表示された地図の閲覧にズーミングインタフェースを用いるというアイデアは水口ら [Minakuchi95] によって提案された（図 9.24）．

その後，五十嵐らは，面積の広いコンテンツをスクロールする際にスクロール速度を上げると今コンテンツのどのエリアを見ているかわからなくなるという問題を示し，スクロール速度に応じてズームアウトを行って高速なスクロールと全体の中での位置の把握を両立する Speed-dependent automatic zooming（SDAZ）手法を提案した [Igarashi00]．Cockburn & Savage は SDAZ 手法による地図の閲覧を詳細に評価し，市販ソフトウェアのマウス操作による閲覧と比べて，タスクの遂行時間が平均で 43 %短くなることを示した [Cockburn03].

また，Robinson, Eslanbolchilar らは，電子コンパスと加速度センサを用い，移動中にデバイスを興味を持った方向に傾けることで，その方向のスポットを指示する Point-to-Geoblog システムを提案している [Robinson08]（図 9.25）．

9.4.4 本研究の位置付け

周辺情報の獲得においては地図が用いられているが，特に小さいデバイスのディスプレイでの利用には問題がある．

図 9.24: ズーミング地図インタフェースの例 [Minakuchi95]

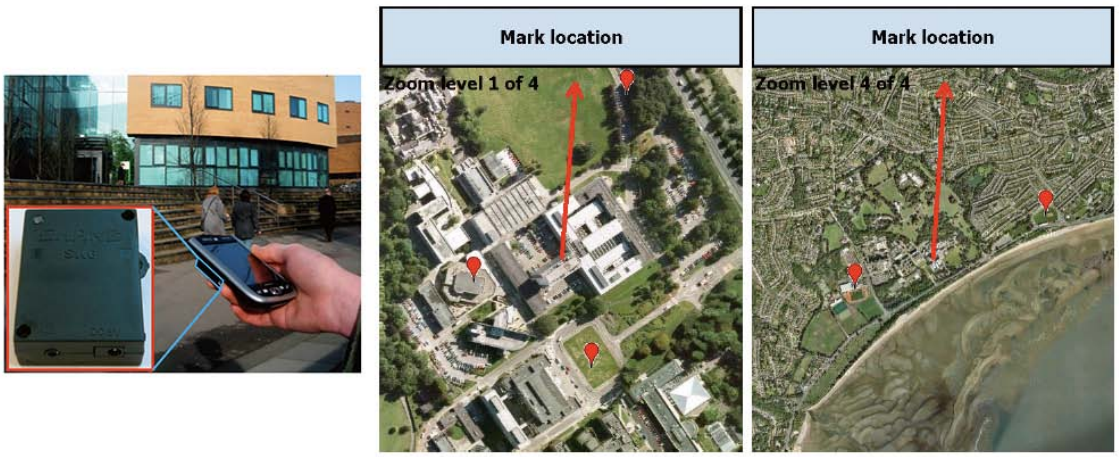


図 9.25: Point-to-Geoblog の距離の入力および画面表示 [Robinson08]

ARは一般的にMobile Reaching Out手法と深い類似性があり，実際その一種と位置付けられる．ただし，周辺の空間を俯瞰的に把握するには地図の方が適しており，また現在地から離れた地点の情報の獲得には適していない．これらの問題に対し，MapTopおよびLocoscapeにいては，地図表示とAR表示の切り替え，およびAR表示状態での遠方へのスクロールを実現している．

地図表示とAR表示のトレードオフを解消するため，各種のズーミングインタフェースが研究されてきた．MapTopにおいても地図表示とAR表示の切り替えにズーミングを用いているが，その入力におけるデバイスの姿勢の利用が特徴である．その意味ではPoint-to-Geoblogの入力手法は類似しているが，Point-to-Geoblogにおいては指示したスポットの情報を後で利用することが目的であり，本研究のようにその時その場での情報提示は考慮されておらず，図9.25に示されているような一般的な地図表示である．その点が本研究の優位性である．

9.5 社会科学研究

9.5.1 概要

本研究の対象である実空間でのコミュニケーションついて，社会的インタラクションの概念的枠組みおよび情報システムが及ぼす影響を，社会科学における先行研究を参照しながらより詳細に論じる．まず，社会的インタラクションを扱うために，1) 儀礼としてのインタラクションという枠組みを導入する．その枠組みの中で，2) 環境の物理的なセットアップがインタラクションにどのような役割を果たしているか，および3) 物理的なセットアップに制約されない情報アクセスが導入されることでインタラクションにどのような不適切さが生じるかを，についての議論を紹介する．

9.5.2 儀礼としての社会的インタラクション

携帯電話の公共の場での利用は，なぜマナー違反と感じられるのだろうか．この単純な問いかけに答えることは，意外と難しい．本章では，この問いかけに答えることを軸に，人と人とが関わり合う社会的インタラクションにおける，E.Goffmanの儀礼的相互行為論を導入し，その枠組みと関連した研究を参照しながら議論をする．

携帯電話のマナーの問題を捉えにくくしているのは，それがコミュニケーションの内容に依存しているわけではないからだ．電車の中などを考えても，電車に乗っている人間どうしのお喋りと，携帯電話でなされる会話とで，内容に根本的な相違があるわけではない．であるならば，それらの会話についての形式の違いが，適切さの違いを生み出していると考える他ない．

Goffmanは，このような会話の行われる形式に着目する，相互行為（インタラクション）論の創始者として知られる．具体的には，人と人が対面して関わり合う場面を対象に，会話をメッセージの意味内容の交換としてではなく，相手への敬意や相手との関わり合い（インヴォルヴメント）を示すという，ノンバーバルな意思表示の構造化

の過程，すなわち**儀礼**として捉えた．Goffman は自らの関心を以下のように規定している：

> 複数の人が対面していることによって生じるさまざまな出来事の全体，それが主題である．ある状況の中で人びとは，意識してか否かは別にして，ちらっと見る，身ぶりを見せる，立場を決める，発言する，といった動作を連続的に行うわけで，それらの動作こそが，この研究の素材としての行為に他ならない．それらの動作は，適応と関与ーー普通には，社会の編成と関連させて考察されない心身の二つの状態ーーとが外に表れた象徴（サイン）である．[Goffman86, pp.1]

ここで重要なのは，社会的インタラクションにおけるノンバーバル情報が，1) 適切さ，2) 関与の度合い，という二つの基準で評価されるという点である．よって，社会的インタラクションは，参加者各々が劇場の上で，自らの役割における**適切な振る舞い**を演じ合う儀礼であると定義される．では，振る舞いの適切さは，どのようにして評価されるのであろうか．

まず社会的インタラクションの参加者は，特定の相手との特定の出会いにおいて，自己の積極的な社会的価値あるいは役割を，自己規定する．これを**面目**という．社会的インタラクションの参加者は，意識的／無意識的な行動を通じた表象によって，原則的に自分自身あるいは相手の面目を維持しなければならないという責務（**コミットメント**）を負っている．自分自身の面目に対する期待から外れることや，他人の面目を尊重しないことは，儀礼を壊す不適切な振る舞いとして糾弾される．

このようなコミットメントを求める個別の文脈を Goffman は**表舞台**と呼んだ．我々は表舞台での儀礼を成功させるためには，面目の維持の責務を負わない**裏舞台**において，パフォーマンスの試行や準備を行っている．Goffman は裏舞台の概念を説明する上で，例えば葬儀における死体に対する処理や，ホテルの厨房を例として挙げている [Goffman74]．裏舞台が表舞台から見えてしまうことは，典型的な不適切さを生じる．既存の物理的なセットアップは，通常は不適切な社会的インタラクションの発生を避けるようにデザインされているため，通常上述のような表舞台と裏舞台は分離されている．

ここで物理的なセットアップを明確に定義付けると，床，壁，天井，あるいは什器，装置，人といった空間の構成要素，およびそれらの位置関係を指している．Goffman は物理的セットアップ，具体的には人間の立ち位置等の，社会的インタラクションにおける役割を指摘し，事例を挙げた．一方で，Goffman の記述は定量化や一般化を欠いており，応用することが難しい．次節においては，こうした Goffman の理論的枠組みを発展させ，物理的なセットアップが社会的インタラクションにどのような役割を果たしているかをより詳細に分析する．次いで 2-3 節においては，携帯電話やネットワークカメラのような物理的なセットアップに制約されない情報システムが導入されることで，インタラクションにどのような不適切さが生じるかを述べる．

9.5.3 物理的セットアップの役割

物理的セットアップについて

ここでは，社会的インタラクションにおいて物理的なセットアップが持つ役割を詳述する．物理的な空間において，人間はインタラクションを行う人／物の対象に，自らの身体を通じて知覚および操作といったアクセスを行う．社会的インタラクションにおいては，対象が参加者の間で共有される（表舞台に置かれる）必要がある．その際に，個々の参加者が対象に対してどのようなアクセスが可能かは，主に 1）対象物との距離，2）対象の方向，3）対象との間の障害物（遮蔽）の存在によって決まる．

まず，T.Robertson による，インタラクションパターンの分類の取り組みを紹介する．各々のパラメータの役割について，より具体的な検討を行った E.Hall による社会的関係と物理的距離との相関，A.Kendon による会話の参加者の位置関係，および C.Alexander による建築空間におけるドアについての議論を紹介する．

インタラクションパターンの分類

Robertson は，CSCW の研究者として分散したオフィス環境におけるフィールドワークを行う中で，それまで CSCW で利用されてきたグループウェアにおいては身体や実空間の特性が十分に考慮されていないという問題意識を持ち，実空間におけるインタラクションのパターンの分類を作成した [Robertson97]．Robertson の意図は，実空間におけるインタラクションパターンを，CSCW のシステム上でも応用することにある．大きな分類は

- individual embodied actions
  - in relation to physical objects
  - in relation to other bodies
  - in relation to the physical workspace
- group activities constituted by individual embodied actions

といった分野であり，各々についてより細かなパターンを挙げた．

本研究は，実空間のインタラクションパターンに着目したという意味では類似しているが，包括的な分類を目指すのではなく，デザインへの応用を指向した点が異なっている．Robertson が挙げたパターンのうち

- Making a physical object explicitly available, as a generator of meaning, during the current activity, e.g. passing it to someone else, holding it up or putting it somewhere so that it is available
- Personal use of a physical object

- Visual indicators of individual involvement, attention and attitude including changes in body posture, changing facial expressions, changes in direction and intensity of gaze and other communicative movements like nodding, rolling eyes, gestures

- Looking at the same thing at the same time

といった項目は本研究の提案手法の中でも用いている．一方ドア等の遮蔽の利用法は挙げられていない．

Robertson の分類のユニークな点は，Merleau-Ponty らの議論 [Merleau-Ponty89] を下敷きに，インタラクションにおける知覚と操作は同等あるいは不可分であるという立場を取ることだ．本研究においても，実空間の位置関係の持つ意味について，同様に操作入力でもあり知覚される情報提示でもあるという立場を取る．

距離：社会的関係と物理的距離

文化人類学者である Hall は，社会的インタラクションを行う参加者が，その親密度あるいは社会的関係の距離に応じた物理的な距離を取ることを明らかにした．この物理的距離の持つ社会的なプロトコルを，Hall は**プロクセミックス**と名付け，文化間の差を含む詳細な検討を行った [Hall70].

Hall は，個体間の距離を 1) 家族やパートナーと密な接触を行う密接距離，2) 近い関係の個人間のインタラクションが行われる個体距離，3) それほど近しくない相手とのインタラクションに用いる社会距離，4) 直接的なインタラクションは生じない公衆距離，の 4 段階に分類した．そして，社会的関係の範囲を超えた相手への接近は，不適切な振る舞いと見なすことができる．このことから，特定の相手とのインタラクションにおいてどのような距離を取るかは，相手との社会的関係の近さを示すパラメータであると解釈できる．

本研究においては，DataJockey において，インタラクションがその内容に応じて一定の距離で行われることを検証したうえで，応用している．

Hall の貢献は，単に社会的関係と物理的距離の相関を示したことにとどまらない．Hall による距離の分類は，密に触れ合う，手を伸ばせば届く，会話ができる，相手を見ることができる，というように，相手に対して可能なアクセス（アフォーダンス [Gibson85]）によってなされている．Hall 自身が，アフォーダンス理論を提唱した J.J.Gibbson の強い影響に自ら言及している．ここで示唆されるのは，社会的インタラクションにおける位置関係は，人間の知覚／操作のアクセス可能範囲によって規定されているということだ．この点については，引き続き議論していく．

方向：会話の参加者の位置関係

Hall によって対面会話時の距離の役割は明らかになった．一方で，対等な人どうしが出会い，話をするというもっとも基本的な社会的インタラクションの単位は，どのように識別可能だろうか．その際，人はどのような位置関係を取ることを適切と感じ

るだろうか．直感的な回答は，お互いに向き合っていることである．人数が 3 人〜5 人程度であれば，多くの場合円形に，中心を向いて並ぶと考えられる．このような位置関係を，Goffman の理論的枠組みを受け継いだ社会学者の Kendon は，**F-formation**（図 9.26）と定義した [Kendon90]．主に誕生パーティーの来客と主賓との挨拶の様子を撮影したビデオによる分析を通じて，F-formation が一般的に見られることを明らかにした．

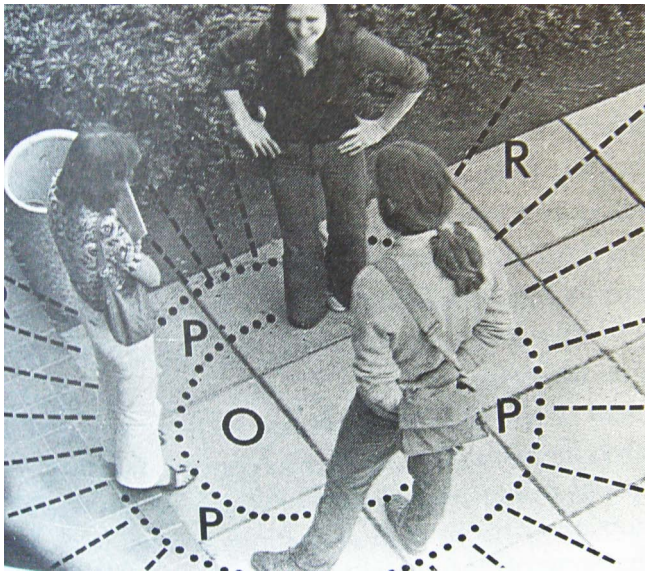


図 9.26: F-formation の例 [Kendon90]

F-formation はなぜ生じるのか．それは，距離の場合と同様，人間の操作／知覚のアクセス可能範囲によって説明される．人間がアクセスできる空間の範囲は，一般的に個人の前に広がっている．複数人が一緒にインタラクションを行う場合，一つの領域にアクセスしようとすると，中央に一定の大きさの空間を伴う空間を確保するようになる．Kendon はこの空間を **o-space** と呼んだ．参加者の人数や，会話の流れなどによって，細かな位置関係は変化する場合はあるが，会話の参加者は常にこの o-space を維持しようとすることが明らかとなった．

この知見から，複数人が F-formation の位置関係にあれば，それらの人々が社会的なインタラクションを行っていると考えられる．本研究においては，DataJockey においてこの知見を検証し，応用している．

遮蔽：ドアとプライバシー

建築学者である C.Alexander は，建築空間のセットアップと人間の行動の分類を著書「パタン・ランゲージ」[Alexander84] においてまとめた．その中の，ガラス入りのドアの項では以下のように述べている：

> ガラス入りドアは，優雅な入室と優雅な応接を可能にする．つまり，部屋の内外の人がともに心の準備ができるからである．またそれによって，さまざまな度合いのプライバシィが得られる．ドアを開けたままにしてもよいし，閉めれば視覚的つながりを残しながら音のプライバシィを保てるし，さらにドア窓にカーテンを引けば視覚的にも音響的にもプライバシィが得られる．そして最も重要なことは，ガラス入りドアによって，建物内の全員がつながっているーー個室内で孤立していないーーという感覚が生まれることである．[Alexander84, pp.585]

これはガラス入りドアという特殊な場合について述べたものであるが，通常ドアは視覚と聴覚，および入退室におけるアクセス制御の役割を果たしている．本研究においては，ちらりドアがこうした知見を応用している．またドアではないが，Hide&Seek も同様のコンセプトに基づいている．

9.5.4 情報システムの及ぼす影響

電子メディアが社会的行動に及ぼす影響

2 章および前節で述べたように，実空間のおいて，ある個人の表舞台へのコミットメントの有無は，インタラクションの対象への距離，対象を向いているか，対象との間に遮蔽物がないか，といったことにより識別が可能である．一方で，情報システムがそのような空間に導入されることで，そうした対応関係が成り立たなくなることを指摘する．その方向性を指し示したのが，J.Meyrowitz が 1984 年に著した「場所感の喪失」である．本書の取り組みについて Meyrowitz 自身の言葉を参照すると，

> 本書が行う状況論的分析は，電子メディアが社会的行動にどのように影響を及ぼすかを，それも，電子メディアのメッセージの力による影響でなく，人々が相互行為する社会的セッティングを電子メディアが再組織化することによる影響，また，物理的場所と社会的「場所」とのかつて強かった関係を電子メディアが弱めることによる影響を，記述する．[Meyrowitz03, pp.8-9]

ということである．

Meyrowitz は，実空間の社会的インタラクションの理解に関して Goffman の儀礼的相互行為の枠組みから出発する．次に，M.McLuhan による，電子メディアは人間の感覚器の拡張であるという理解を導入する [McLuhan87]．Meylowitz は，これらの議論を融合し，社会的インタラクションに影響を及ぼす実空間の物理的セットアップと電子メディアを，いずれも社会的情報に対するアクセスパターンによって規定される情報のフローとして統一的に記述した．

> 相互行為の性質を決めるのは物理的セッティングそれ自体ではなく，情報フローのパターンなのである．実際，状況の定義は，情報アクセスだけに焦点を合わせることによって，直接の物理的存在という論点とは全く切り離して考えることができる．もしも厨房で間違ってインターコムのスイッ

チが入ったままになっていてウェイターたちの裏領域の冗談を客の何人かが耳にしたとしたら，物理的場所や参加者たちの物理的な位置取りになんの変化もないとしても，状況の定義は影響を受けるだろう．[Meyrowitz03, pp.83]

また Meyrowitz は，ティーンエイジャーどうしが電話を介することで，お互いの親の前での振る舞いを回避した裏舞台を作り上げる例などを取り上げている．

Meyrowitz による議論の帰結は，このように電子メディアの導入によって，Goffman の定義した裏舞台と表舞台の境界が物理的なセットアップによる区分と一致しなくなり，流動化するということである．そこがレストランのテーブルであっても，厨房とのアクセスが生じる場合がある．閉じられた家のリビングであっても，他の家からアクセスされてしまう場合がある．すると，電子メディアが導入された空間では，適切な振る舞いは自明ではなくなり，参加者が表舞台としての面目を保つことは事実上困難になる．このようにして，公共空間における情報システムの利用はマナーやプライバシーの問題を生じさせるのである．

公共空間における携帯電話の使用

公共空間における携帯電話の使用については，多くの研究がなされてきた．

世界最大のデザインスタジオの一つである IDEO のロンドンオフィスでは，その名も「Social Mobiles[IDEO03]」と題し，携帯電話のマナーを題材にしたコンセプトデザインを提案している．一例としては，ラッパ型で，曲の一節を吹かないと電話がかけられない電話機がある（図 9.27 左）．これは，その場所が声を出して通話をするのにふさわしい場所かを，利用者に問いかけるものである．

図 9.27: Social Mobiles[IDEO03]

複数の社会学者は Meyrowitz と同様の分析を，公共空間における携帯電話の使用について行った．公共空間での携帯電話に対する意識は，概ね否定的なものである．L.Haddon によれば，1996 年のイタリア，イギリス，ドイツ，ドイツにおける調査の結

果，半数以上の被験者が公共空間での携帯電話の使用に対して否定的な反応を示した[Haddon00]．では，こうした否定的な意識はなぜ生じるのだろうか．

R.Ling は，公共空間としてのレストランにおける携帯電話の使用について，フォーカスグループを対象に意識調査を行った．インタビューはオンラインの電子会議室を通じてなされ，被験者の多くはアメリカ合衆国在住であった．被験者は，概ねレストランでの携帯電話の使用について否定的であった．典型的な反応は以下のようなものであった：

> It is awful to see those who go around, I could throw up! They use it（注：携帯電話） even in restaurants, it looks so dumb.[Ling97]

L.Palen らは，Ling の調査結果の説明として，着信音や大声といった音の問題という以上に，携帯電話を通じて，他の場所の他者へのアクセスを持つことで，一人の人間が複数の表舞台に立って複数の面目を共存させようとしていることにより，結果的に現存する社会的インタラクションへのコミットメントへの疑義を生じさせるためとしている．

> We believe that talking on a mobile phone in a public place is in part a matter of a conflict of social spaces in which people assume different faces. Mobile phone use often necessitates the interleaving of multiple activities and of multiple public faces. When mobile phone users are on the phone, they are simultaneously in two spaces: the space they physically occupy, and the virtual space of the conversation (the conversational space).
>
> （中略）
>
> Finally, perhaps what is most apparent to the public is that the face one presents on the phone is in contrast to the face assumed just before the phone call. This changing act brings to the fore that faces are publicly assumed, which then gives rise to the feeling that the new face and perhaps even the old face are false.[Palen01]

この説明は，先にMeyrowitz が述べた電子メディアの影響とほぼ一致している．Palen はその議論を以下のように結論付ける：

> Mobile phone use, then, is a means by which we can perform‘‘ commitment management ’’(Carrie Rudman, personal communication). The specificity with which we negotiate social commitment, and the time response required of that commitment, is affected by our accessibility.[Palen01]

我々は情報システムによって可能になった複数のアクセス経路のそれぞれに対して，コミットメントの適切な分配を要求されるのである．

9.5.5 まとめ

以上の議論をまとめる．まず，社会的インタラクションにおける物理的空間のセットアップは，表舞台と裏舞台の分離を行うために用いられていることとを明らかにした．具体的には，Hall，Kendon，Alexander らの議論から，以下の知見を導くことができる：

- インタラクションの参加者は社会的関係に応じた一定の距離を取る
- インタラクションの参加者はなるべく互いの正面を向きあう
- インタラクションの対象物は，中心の空間に置かれる
- インタラクションは壁によって遮蔽される場合があり，ドアや窓はその遮蔽の調整に用いられる

そして，重要なのは，

- これらのセットアップの変更は， 知覚／操作において，相手や共有の対象物に対するアクセスを調整するためになされる

という点である．物理的なセットアップは，音声，視覚，接触，移動等の各種の知覚／操作を通じて，個人がコミットメントする対象（空間，他者，物）への可能なアクセスを規定する．ゆえに，特定のインタラクションに対してコミットメントを与えるために，物理的なセットアップは構造化されるのである．

ここで，情報システムの導入の影響について述べる．テレビや携帯電話といった情報システムが既存の空間に入り込むことで，情報アクセスのパターンは変化する．Meyrowitz，Ling，Palen らの分析に見られたように，情報システムの使用者は，物理的な空間とアクセス先との複数の舞台に共存するようになる．それぞれにおいて，求められる面目が異なる場合には，それらに同時にコミットするという困難に直面することになり，周囲の人間に対して不愉快さを生じさせるのである．

一方，このような不適切なアクセスが起こることを，アクセスされる側の問題として考えると，アクセスされたくない情報にアクセスされるというプライバシー侵害の問題を生じさせる．

このように，先行研究からも，本研究で対象とする公共空間における携帯電話の使用の不快感，および部屋へのネットワークカメラの導入によるプライバシーの侵害は，新たに可能になった情報アクセスが既存のインタラクションとの間に生じる不整合を，異なる視点から捉えたものであるといえる．

10章

考察

概要

本章では，Mobile Reaching Out 手法およびデザインプロセスについて，デザインの提案および評価を通じて得られた知見をまとめる．Mobile Reaching Out 手法を用いたデザインは，既存手法との比較を行った結果，主観評価においては評価が高かったが，ユーザビリティのパフォーマンスについては差が見られなかった．デザインプロセスについては，多くのデザイン試作システムを通じて示したこと，およびセットアップの定量的な検証を行ったことは本研究の大きな貢献である．一方でその有用性の評価には本質的な限界があった．

10.1 Mobile Reaching Out 手法について

本研究で提案する Mobile Reaching Out（MRO）手法について，デザイン例の検討を通じて行った考察を述べる．

10.1.1 姿勢による入力

MRO 手法の大きな特徴は，デバイスの姿勢を入力として用いたことである．

場のセットアップの情報として多くの情報システムで用いられているのは，位置情報である．本研究でも，DataJockey や Hide&Seek においては，コミュニケーションの参加者が一定の距離になることを前提としている．また MapTop や Locoscape では利用者とスポットとの距離の調節が主題となっている．

さらに，本研究を通じて，場のセットアップに影響を及ぼすパラメータとして，デバイスの姿勢も位置と同じかそれ以上の意味を持っていること示した．デバイスの姿勢によってアクセスする対象を指示することには，複数のメリットがある．まず，開発側の視点から見た場合，姿勢は定量的なパラメータであるため扱いやすい．さらに，利用者の視点から見ると，慣れ親しんだ知覚／操作のプロトコルを利用するため，新しい利用法を覚える必要がなく，またそうした新しい利用法に意識資源を割く必要も少ない．実際に，5 つの提案手法のすべてにおいて，姿勢のセンサーによる計測を用いている[1]．既存の研究においても，視覚の指向性から，視線の方向を計測して入力として用いる研究は存在している．このような観点に加えて，人間の動作は関節の回転運動によってなされることからも，操作対象の姿勢を用いることが有効だといえる．

姿勢を用いて入力できる情報について述べる．デザイン例においては Roll 軸は用いず，Yaw および Pitch の 2 軸の回転を用いた．仮に Roll 軸も用いた場合，手で意図通りに 3 軸を同時に制御することは困難であり，実用上は 2 軸までの回転の利用が適切である．それぞれの軸の回転については，センサーの精度に依存するが，事実上無段階の連続量の入力に用いることができる．例えば Locoscape において，Pitch 軸の回転を距離の連続的な入力に用いた．一方 Hide&Seek や MapTop においては，Pitch 軸の回転を連続量でなくモードの切り替えにも用いた．どちらも，モード切り替えの段階は 2 段階である．より多くの段階を設定することは実装上は可能であるが，手を用いた回転の精度を考慮すると，最大でも 3 段階程度が適切である．

10.1.2 ユーザビリティ

既存手法とのタスク遂行のパフォーマンス比較においては，部分的に高かった事例（DataJockey における会話の活性化）はあったが，全般的には有意な差がない場合が多かった．逆に既存手法との比較においてパフォーマンスが低い場合は存在しなかった．MRO 手法のパフォーマンスは，既存のデザインと同等であると考えられる．

[1] ちらりドアではドアの開閉を計測している

ユーザビリティ上の課題としては，MRO 手法の特徴である場のセットアップとの対応付けが，活動支援型の利用でなく，透過アクセス型の利用を行いたいという場合にはかえって使いにくさを生じさせる場合があった．例えばちらりドアにおいて，部屋を閉め切った状態でビデオコミュニケーションを行いたい，また Locoscape で現在地周辺以外のエリアの情報を閲覧したい，といった場合である．このようなニーズが存在することは確認できたので，専用のドア型のデバイスや，現在地周辺以外の閲覧のための地図のナビゲーションインフェースなど，場のセットアップから切り離されたされたデザインを併用することが望ましい場合も存在するといえる．

10.1.3 主観的評価

一方で，主観的な比較においては先行手法と比べて高く評価される場合が多かった（DataJockey，Hide&Seek，Locoscape 等）．多くの場合被験者が評価したのは，まず慣れ親しんだ動作を用いたことによる使い勝手の自然さであった．この点では MRO 手法における仮説が検証できたといえる．また，同様の多くの被験者が指摘したのは，操作の楽しさであった．連続的な動作を用いたデザインにはボタンなどの離散的なデザインとは異なった操作自体の楽しみがある．このように，MRO 手法は，利用者の主観的な評価において好ましいデザインを実現できるといえる．

10.1.4 デザイン手法としての有用性

スマートモバイルデバイスが高機能化する中で，より多くの人がより多くの場で利用するようになってきた．そこには，活動支援型の多様な情報システムの可能性がある．本研究を通じてコンスタントに 5 種類の情報システムを提案し，多くの場合に主観評価において既存手法と比べた優位性を示すことができた．結果的に，MRO 手法によって活動支援型の情報システムの効果的なデザインを行えることを示したといえる．

本研究はデザイン手法の研究であり，その貢献は実装上の技術的な課題の解決というよりも，情報システムを用いたインタラクションのプロセスの中のパターンを明らかにしたことにある．ユビキタスコンピューティングにおける情報システムにおいては，そのような実空間のコンテクストの理解がシステムのデザインにおいて占める割合が大きい．

そのような背景から，本研究において提案した情報システムは，いずれも特殊な技術を用いずに新規なデザインを実現している．例えば Hide&Seek などは，現在市販されている加速度センサーを内蔵した携帯電話で実装可能な単純な手法である．にも関わらず，これまで類似の手法は見られなかった[2]．それは，本研究において行ったような，場のセットアップと整合させた情報システムのデザインの検討が未だ乏しく，多くの研究の余地が残されていることを示唆する．

[2] 9 章 1 節で示したように，端末の傾きを用いる手法は，単独での利用におけるスクロール等の入力に用いるものが多かった．

10.2 デザインの検討プロセスについて

本研究では，3 章で示したように

1. 特定の活動において，実空間の対象とその距離に応じて人が対象にどのように視線を向けてアクセスするかを分析する．
2. 対応したデバイスの姿勢に応じて情報を提示するデザインを提案する．
3. 試作システムを実装する．
4. セットアップに応じた姿勢の変化について，質的および量的な裏付け評価を行う．
5. 提案するデザインが既存手法と比較してアクセスの不整合による問題を起こさないかを評価し，かつデザインの特徴や課題を明らかにする．

というプロセスを経て個々の情報システムのデザインを検討した．このプロセスについての考察を述べる．

10.2.1 デザインの提案

本研究で扱った情報システムは，すでにスマートモバイルデバイスで行われている利用方を対象としてデザインを行った．ここで，本研究で提案しているデザインはあくまでも例であり，同じ利用法において MRO 手法に基づくデザインは一義に決まるわけではない．ゆえに，個々のデザインを選択する過程では，一定の恣意性は存在する．

10.2.2 試作システムの実装

本研究においては，多くの試作システムを実装した．一部のデザイン例においては 2 種類の試作システムを実装した（DataJockey，ちらりドア）．試作システムの実装は有用性の評価において必須であるが，加えて試作システムを試す過程で新たなデザインが示唆される場合も多い．例えば Hide&Seek のデザインは，DataJockey の試作システムを試用する中で発案した．また Locoscape は MapTop を屋外で利用することを検討した際に発案された．このように，試作システムの実装は新たなデザインを発案するうえでも有効であった．

10.2.3 セットアップの検証

実空間のセットアップについて実験を通じて検証し，仮定したように利用者のインタラクションの対象に応じたセットアップの変更が行われることを確認した．このような定量的な検討は未だ事例が少なく，本研究の大きな貢献であるといえる．

10.2.4 有用性の評価

既存手法との比較により試作システムの評価を行い，主観評価においては概ね優位性を示すことができた．一方で，ユーザビリティのパフォーマンスにおいては明確な差を見いだすことはできなかった．本研究で扱ったようなコミュニケーション支援や周辺情報検索に用いる情報システムにおいては，短時間の実験によるユーザビリティの実施で評価することに本質的な困難が存在する．次章において，この点について詳しく論じ，デザインプロセスについての展望を述べる．

10.2.5 デザインプロセスについてのまとめ

多くのデザイン例を試作システムを通じて示したこと，およびセットアップの定量的な検証を行ったことは本研究の大きな貢献である．一方でその有用性の評価には本質的な限界があり，次章においてデザインプロセス全体に関する再検討を行う．

11章

今後の展望

概要

Mobile Reaching Out 手法の今後の展望を述べる．まず．本研究で提案した以外の活動やデバイスにおける応用について述べる．次に，考察においても課題として述べた有用性の評価について検討し，デザインプロセスにおいて提案と評価のフェーズが分断されているという課題およびその解決方法を述べる．今後，情報システムとその利用される場を一体的にデザインするために，ユビキタス環境のデザインの記述し設計するためのツールの可能性を述べる．

11.1 Mobile Reaching Out の応用可能性

本研究においてはスマートモバイルデバイスを対象とした．また，本研究では近傍の相手とのコミュニケーション，部屋と部屋との間のコミュニケーション，展示会ガイド，徒歩圏のエリア情報というアプリケーションを対象とした．現状でも携帯電話などのスマートモバイルデバイスは広く普及し，いろいろな場に持ち込んで利用されていることを考えると，デバイスとして優先的に検討すべきであったことは確かである．一方で，より多様な活動とデバイスの組み合わせにおいても，MRO 手法が応用できると考えられる．

11.1.1 フォーマルなコミュニケーション

本研究では，DataJockey やちらりドアなどコミュニケーションを対象としたアプリケーションにおいて，どちらかといえばインフォーマルなコミュニケーションを対象に研究を行ってきた．しかし，MRO 手法を，職場や学校などよりフォーマルな場におけるコミュニケーションに応用することが考えられる．

例えば一人あるいは一部の参加者が他の参加者に語りかける講義という場においては，どのような情報システムが考えられるだろうか．近年大学の講義に PC を持ち込む学生は多いが，必ずしも講義に関連したタスクばかりでなく，インスタントメッセンジャーやメール等の関係ないタスクを行っていることも多い．これは，公共空間での携帯電話の利用と同じように，活動の対象への注意を削ぐという問題を引き起こしている．このような問題に対処するためには，情報システムが講義室等の場に存在し，かつ受講者としての位置関係を認識できれば，講義に関連したツールやコンテンツしか利用できなくするようなことが考えられる．一方．講師は大画面に PC を接続し，プレゼンテーションツールを用いて発表を行う場合が増えた．その場合，メールや開いていたウェブページ，関係のないファイルなどを誤って表示してしまうという，ウェブカメラと同様のプライバシーの問題が生じる場合がある．受講者の場合と同様，講師としての位置関係にあることがわかっていれば，Hide&Seek のように私的なコンテンツを隠蔽するような機能を実装することができる．

他にも，会議を行う際にデバイスに保存した資料を持ち寄るような場合が考えられる．このアプリケーションは DataJockey と似ているが，フォーマルな会議とインフォーマルな会話との差異は，通常議題が明示されており，その内容への注意が求められることである．回転によるコンテンツ交換は，インフォーマルな会話であればインタラクションの活性化に寄与するが，会議においては議題への集中を損なう可能性がある．その場合，回転移動を，テーブル単位でなくコンテンツ毎に行うことが考えられる．または，Pick&Drop，Connectables に見られたようにコンテンツを画面間で投げて受け渡すといった手法を組み合わせることが考えられる．

まとめると，フォーマルなコミュニケーションが行われるシーンにおいては，このように活動の対象への注意がよりフォーカスされるよう情報システムがデザインされる必要がある．

11.1.2 ゲーム／エンターテイメント

MRO 手法に基づく動作を用いたインタラクションは，多くの場合既存手法よりも楽しく好ましいと評価された．このような特性は，ゲームおよびエンターテイメントに応用できると考えられる．実際，Hide&Seek の評価においては簡易なカードゲームを実装している．また DataJockey をゲームに応用することも考えられる．例えば，場に出ているカードと種類を合わせたカードを手札から出すようなカードゲームに，必ずしも特定のプレイヤーの思い通りに操作できないテーブルの回転を組み合わせることで，戦略性を増すといったことが考えられる．他にも MapTop や Locoscape のインタフェースは，オリエンテーリングや，追いかけっこのようなゲームに利用できると考えられる．

11.1.3 距離によるモダリティと情報量の変化

本研究のデザイン例では，インタラクションする対象との距離は一定の範囲内にあると想定した．本研究のデザイン例においては，その距離を変更するインタフェースを提案した（MapTop，Locoscape）．これらのデザインは，いずれの距離感においても視覚によって情報にアクセスする．ここで，人間の身体の感覚器は，Hall が示したようにその到達距離に違いがある．また距離が大きくなれば知覚する情報量は減衰する．ここで，一定の距離にある対象について，距離感に応じてモダリティおよび情報量を変化させるインタフェースを考えることができる．例えば対象が徒歩圏にある場合は指向性のある音，より近付いてきたら視覚的なアイコン，さらに近付いたらテキストによる詳細情報，と変化させるようなデザインが考えられる．

11.2 デザインプロセスの再検討

本研究に残された課題として，評価が不十分であり，提案手法の有用性を明確に示せなかったことが挙げられる．ここでは，インタラクションデザイン研究一般において，有用性の評価が困難である理由を考察し，望ましいデザインプロセスを再検討する．

11.2.1 インタラクションの適切さの指標

そもそも，インタラクションの適切さの指標とはいかなるものであるか．例えば勤怠管理や機械の操作などのように，タスクとその目的が明確な業務の活動であれば，目的の達成度合い，その成功率，遂行時間といった指標により明確に評価を行うことができる．

その一方で，本研究で扱った活動は，コミュニケーションや情報の探索など，明確な目的が設定されていない．このような活動におけるインタラクションの適切性は，意識資源を消費しないか，操作自体に楽しみや満足があるかなど，上述のような定量的な指標によって評価できない要素を含む．このような要素の評価手法は，現状では 5 件

法などを用いた主観評価が主流であるが，利用者の多様なニーズを汲み取るうえでは限界がある．

11.2.2 利用される場のセットアップの多様性

本研究ではスマートモバイルデバイスを用いたシステムを主なデザインの対象とした．しかし，今後より多様なサイズやモダリティでの情報システムが生活空間で利用されていくと考えられる[1]．本研究の枠内であっても，スマートモバイルデバイスのサイズもその幅は大きく，2 インチのディスプレイと 5 インチのディスプレイでは適切なデザインが変わってくる．

さらに，活動を行うのがフォーマルな場であるか，インフォーマルな場であるか，どのようなデバイスが置かれているか，どのような立場の人が参加しているかなど，場のセットアップの要素は多様であり，それは情報システムのデザインの適切さに影響をおよぼす．

システムがモバイル／ユビキタスであると，このようにその利用される場のセットアップを事前に予測できないと考えられる．

11.2.3 利用者の来歴の多様性

ある利用者が適切と感じるインタフェースは，その利用者の来歴に影響される．その典型的な例としては QWERTY キーボードが挙げられる．そもそもはタイプライターの時代に普及した配列であり，より多様な配列が提案されているにも関わらず，今日のタッチパネルコンピュータにおいても利用されている．別の例を挙げると，日本では公共交通機関の中での携帯電話による通話はマナー違反とされるが，アメリカなどの他の多くの国々では徳にマナー違反とはされない．このように，一般的にインタフェースに対する利用者の選好はこのようにそれまでの慣れに強く影響される．

これは，広く利用されるコンピュータのインタフェースが 80 年代頃までコマンドラインインタフェース（CUI）であり，2000 年代半ばまで GUI，そして昨今になってようやくタッチインタフェースが普及しつつあるなど，そのパラダイムシフトに長い時間がかかってきたことを説明する．

11.2.4 まとめ：情報システムとのエンゲージメント

ここまでの議論をまとめる．特にコミュニケーション支援などの社会的な活動に影響する情報システムの適切さは，指標が自明でなく，かつその利用される場，および利用者の来歴の多様性により影響される．このように，デザインを行う時点でそのデザインの適切さを判断することには困難が内在している．

ゆえに，情報システムのデザインについて検討するうえでは，そもそもデザイナーと利用者を分離し，トップダウンにデザインを提案したうえで，想定される利用者に

[1]例えばデジタルサイネージ，テレビ，カーナビ，カメラ，音声によるインタラクション，ジェスチュアによるインタラクションなどを用いたもの等．

限られた実験を行ってその有用性を評価するというアプローチに根本的な限界が存在する．情報システムのデザインは利用される場，利用者の来歴，ニーズ等が変化すると想定したうえで，その変化に応じて変更されるような構成的なものであることが適切なのである．

つまり，情報システムのデザインおよびユーザビリティを，特定のタイミングでのスナップショット的に分析してもあまり有意義ではなく，むしろそのシステムが実際に利用され，その中でデザインや利用法が構成されていくような関係性，エンゲージメントを適切に構築できるか，という観点からの評価を行うべきである．例えば多くのウェブサービスにおいては，β版として運用を行いながら機能の変更を随時行っていくといったプロセスによって最適化を図っている．本研究においても今後目指すべき方向性である．

11.3 ユビキタス環境のデザインツール

前章でも述べたように，本研究におけるデザインの提案は客観的な方法論に基づいているわけではなく，主観的な恣意性が存在している．本研究においては限定されたデバイスおよびアクセスを抽出して検討したが，前々節で述べたように，より多様なデバイスをより多様なシーンにおけるデザインが今後求められてくる．さらに，前節で述べたようなエンゲージメントを実現するうえでも，デザインプロセスを可視化し，デザイナーおよび利用者の間でデザインについての客観的なコミュニケーションおよび試行錯誤を可能にする必要がある．本研究で得られた知見に基づき，ユビキタス環境のデザインツールの可能性を検討する．

11.3.1 情報システムと場の一体的記述

9 章 5 節において詳述したように，インターネットや PC の普及以前から，情報アクセスは建築空間のセットアップの構成要素であった．だが，その利用は数，時間とも限定的であり，利用するタイミングで対応するセットアップに切り替えることで対処が可能であった（会話を中断して電話の通話を開始する，会議中にプロジェクタを投影して皆で見る，等）．しかし，ユビコンプ環境においては，あらゆる場所であらゆる情報システムがあらゆるタイミングで利用される可能性がある．ゆえに，情報システムと場の一体的なデザインが求められているということが，本研究の問題提起である．こうしたデザインを実現するためには，まず情報システムと場を一体的に記述する必要がある．以下に，そのような記述手法についての考察を述べる．

11.3.2 情報システム：UML

情報システムのデザインについては，Object Management Group が策定する Unified Modeling Language（UML）という記法が広く用いられている [UML]．UML はオブジェクト指向のシステムを対象に，システムの構造や振る舞いを 2 次元のダイアグラムと

して表現する記法である．最新のバージョンである 2.2 においては 13 種類の記法が定義されているが，その中で特にユーザのインタラクションを表現する場合に用いられるユースケース図という記法がある（図 11.1），ユースケース図の特徴は，まずシステムの内部と，利用者を含む外部とを明確に区分すること，そして利用者がシステムに対して可能なアクションを示すことである．ユースケース図は主にシステムの要件定義において用いられており，ユーザインタフェースの設計に用いる試みもなされている（例えば [DaSilva01] など）が，広く利用されてはいない．その理由としては，ユースケース図はシステムの要素間の関係性を抽象化して表現することには向いているが，実際のデザインにおいては要素の物理的なレイアウトなどが重要であり，ユースケース図ではそれを表現することは困難だからである．

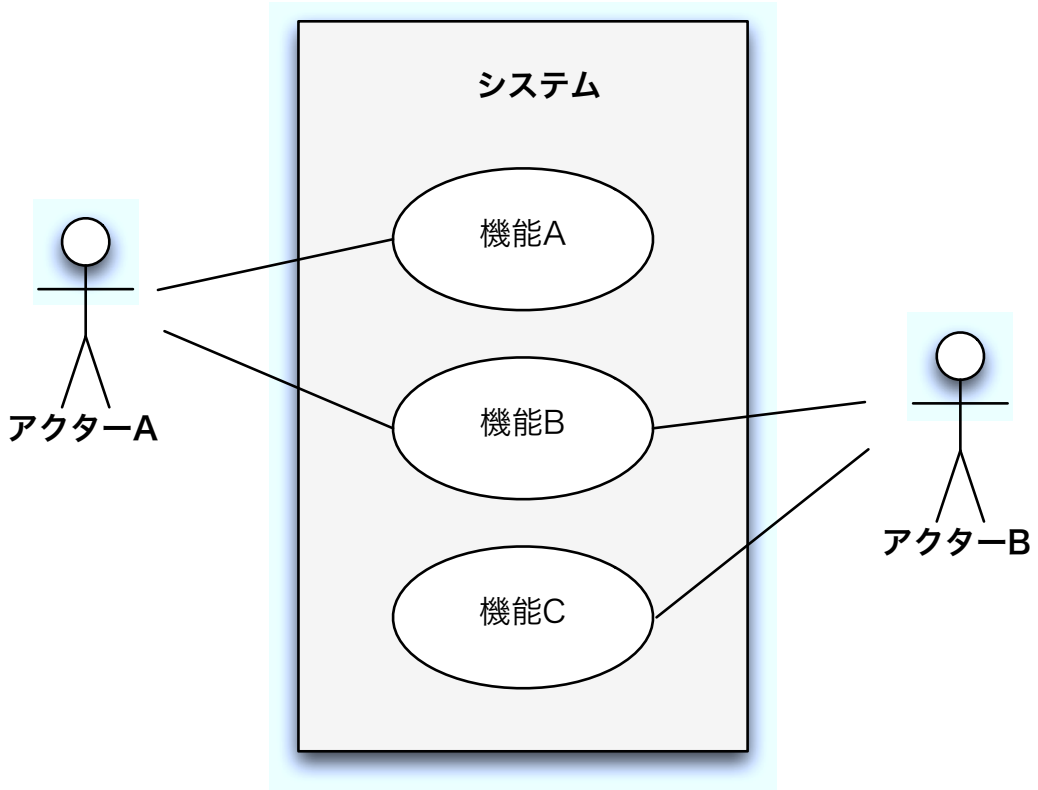


図 11.1: ユースケース図の例

11.3.3 建築空間：図面

次に，建築空間のデザインにおいては，平面図，立面図，投影図といった図面が利用されてきた（図 11.2）．これらは，建設されるボリュームやその構造を定量的に表現するうえでは適しているが，その中での人間のアフォーダンスを表現するには必ずしも適していない．例えば模型，および 3D CAD を用いて，視覚のアクセスに関しては

シミュレーションすることができるが，触覚や聴覚など他の感覚器官を用いたアクセスについてはシミュレーションは一般的ではなく，デザイナーの経験や勘に頼る部分が大きい．

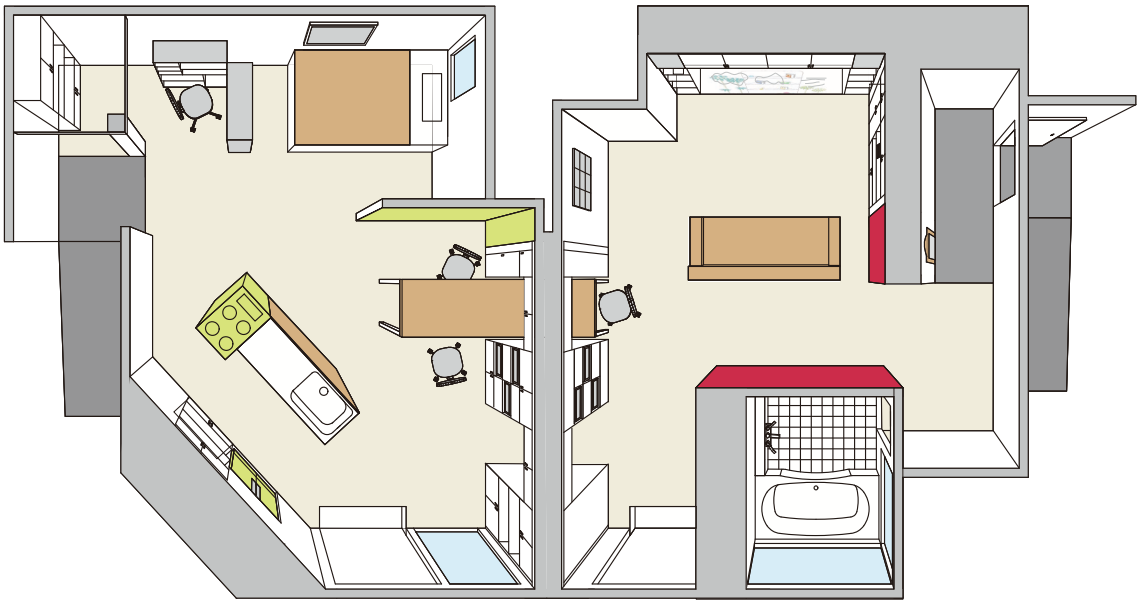


図 11.2: 平面図の例 [Nishizawa06]

11.3.4 両者の統合として：Rapid Place Development の提案

このように現状では，情報システムデザインにおけるダイアグラムと，建築デザインにおける空間的な表現を行う図面とが別々に存在し，かつ情報アクセスのセットアップを表現するうえではいずれも不十分である．ここで，本研究を通じて示したように，人間の情報アクセスのセットアップは，感覚器に対する距離，方向，遮蔽というレイアウトのパラメータによって定量的なモデリングが可能である．このようなレイアウトは図面上に表現することができる．一方で，人間やデバイスといった要素間のアクセスを抽象化して表現するうえでは，ユースケース図のようなダイアグラムの方が適している．

このような課題の解決策に近いと考えられるのが，コンピュータのソフトウェア開発に用いられる Rapid Application Development（RAD）ツールである．RAD ツールの例としてはオープンソースの Eclipse などが挙げられる [Eclipse]（図 11.3）．RAD ツールにおいては，アプリケーションにおけるボタンやテキストボックスなどの要素を画面にレイアウトすると，対応するオブジェクト群の視覚的なダイアグラムやソースコードを自動で生成する．多くの RAD ツールは，画面レイアウト／ダイアグラム／ソースコードを双方向に編集可能となっており，ある表現で加えた変更が別の表現に自動で反映される．情報システムと空間の一体的にデザインにおいても，このようなダ

イアグラムとレイアウトの双方向編集が可能な RAD 型のツール，いわば Rapid Place Development ツールを開発することが考えられる．

Rapid Place Development ツールの機能として重要であると考えられるのは，三次元の空間における情報システムと人間のレイアウトを表現し，かつそこで可能となる情報アクセスを可視化することである．例えば視野および獲得できる情報量（文字を判読できるかなど）を円錐で表現する，手を伸ばして触れることのできる範囲を表現する，壁によって何 db までの音が遮蔽されるかを表現する，等である．これは場におけるアフォーダンスを表現することとも言い換えられる．このようなシミュレーションを通じて，場における情報システムによるアクセスの変化を把握し，セットアップを適切に構成することが可能となると考えられる．

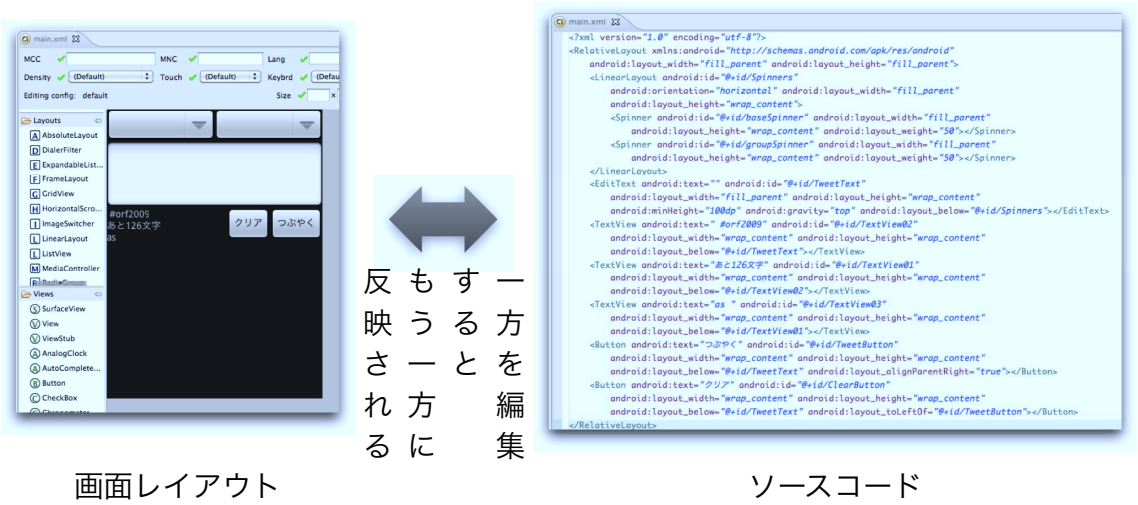


図 11.3: RAD ツールの例

12章

結論

概要

本研究の成果についてまとめ，総括を行う．

12.1 課題の分析

本研究は，近年我々の生活空間において広く利用されるようになり，人々の活動に大きな影響を及ぼしているスマートモバイルデバイスを対象に，情報システムとその利用される場との関係から，そのデザインを検討するものである．

建築に代表されるような我々が活動を行う場のデザインは，人，物，情報の相互のアクセスのセットアップとしてとして構造化されている．スマートモバイルデバイスを用いて，その場での活動を支援する情報システム（活動支援型）が実現できる考えられるが，結果新たなアクセスが導入されることで，場のセットアップが変化し，本来の活動の対象から注意を削いでしまったり，逆にプライベートなコンテンツにアクセスされてしまうという問題を提起した．

12.2 研究手法

本研究は，上述のような問題意識から，実空間の対象を指示して情報にアクセスする操作をデバイスのディスプレイ内で完結させず，その置かれた場のセットアップと整合させる Mobile Reaching Out 手法を提案する．そのために，

1. 特定の活動において，実空間の対象とその距離に応じて人が対象にどのように視線を向けてアクセスするかを分析する．
2. 対応したデバイスの姿勢に応じて情報を提示するデザインを提案する．
3. 試作システムを実装する．
4. セットアップに応じた姿勢の変化について，質的および量的な裏付け評価を行う．
5. 提案するデザインが既存手法と比較してアクセスの不整合による問題を起こさないかを評価し，かつデザインの特徴や課題を明らかにする．

という手順で研究を進めた．結果，以下に述べる 5 種類のデザインを提案した．

12.3 近傍の相手とのコミュニケーション 1

近傍の相手との会話の促進のために，デバイスを用いてパーソナルなコンテンツを共有する DataJockey システムを提案した．中華テーブルのメタファを用いたデザインが特徴である．会話を行う際に相手の顔や声にアクセスしつつ，間にできる円形の空間を共有空間として用いてコンテンツを共有する．2 種類の試作システムの実装を行った．

DataJockey のデザインの裏付けとして，被験者が，会話時のデバイスを用いるうえで考えられる 1) コンテンツを互いに手渡しする（手渡し条件），2) 一人が持っているコンテンツを全員が見る（固定条件），3) 会話中には利用せず事前に見る（不所持条件），といった条件のうち，いずれの共有方法を好むかを調べた．次に，共有方法に

応じた 3 人 1 グループの被験者の位置関係の違いを調べた．結果，画面の見やすさから，被験者は手渡し条件を好むことが明らかとなった．また，その場合，会話の参加者は通常正三角形の配置を取り，またその際の参加者間の平均距離は 97cm であることが明らかとなった．

DataJockey の有用性を示すため，本手法を用いた場合と，端末を直接見せ合った場合とで，コミュニケーションの活発さを比較する実験を行った．結果，6 組中の 1 組においては．DataJockey を用いた場合に，発話／笑い／頷き／否定的な頷きから構成されるアクション数が有意に増えた．このグループでは，ファシリテーターがテーブルを用いたコンテンツの共有を積極的に提案した．一方別の 1 組においては，DataJockey を用いた場合に，試作システムを意図したように動作させられなかったことから，有意にアクション数が減少した．このことから，DataJockey を適切な利用法で用いることで，コミュニケーションが促進されることが確かめられた．

12.4 近傍の相手とのコミュニケーション 2

DataJockey のようにデバイスのコンテンツを他者に見せるシステムと連動して，私的に利用したいコンテンツの表示を切り替える Hide&Seek システムを提案した．Hide&Seek では，デバイスを手元に隠している際には私的なコンテンツを表示する．端末を水平に近づけると，連続的に透明度が下がり，周囲の他者から見える角度では私的なコンテンツが見えなくなる．DataJockey 試作システムと合わせて実装を行った．

Hide&Seek のデザインの裏付けとして，コンテンツを私的に扱う場合と，他者に見せる場合とについて，端末をどのような姿勢にして利用するかを調べた．結果，前者においては端末の姿勢は垂直に近く，後者においては水平に近く，両者には一貫して明確な有意差が見られた．また，Hide&Seek において私的なコンテンツを表示する角度の上限は，水平を 0°，垂直を 90° として 45〜50° 付近に設定するべきであり，人に見せる場合の下限は概ね 70° 近辺であると考えられる．

Hide&Seek がプライバシーの保持に有用かを検証するため，私的領域の一部のコンテンツを他の被験者から隠しながら，他のコンテンツを共有するというタスクのユーザビリティを評価した．結果，遂行時間，プラバシー侵害の発生回数とも有意差は見られなかったものの，主観評価の結果は，有意水準 5 %で HS 条件の評価が高かった．

12.5 同建物内＋遠隔のコミュニケーション

部屋間のビデオコミュニケーションにおいて，外部からの視聴覚情報へのアクセスを，ドアの開閉に対応付けてプライバシー制御に用いるちらりドアシステムを提案した．ちらりドアでは，ドアの開閉を計測し，開きの大きさを，ネットワークカメラから外部へ配信される映像や音声の情報量に対応付ける．2 種類の試作システムを実装した．

ちらりドアのデザインの裏付けとして，利用者が家にいるか職場に居るか／部屋の

周囲の他者の有無／行っているタスクの内容，から成る部屋の状況設定に応じて，ドアを用いたアクセス制御を行っているかどうかを調べた．具体的には，それらの状況設定に対応したドアの開きを，センサーによって計測した．結果，周囲の他者の有無およびその相手との社会関係に応じて，ドアの開閉を用いてアクセス制御がなされていると考えられる．

ちらりドアの有用性を示すために，実験 1 で調べたドアの開閉角度を用いて試作システムにおいて適切なプライバシー保護がなされるかを調べたが，本実験においては優位性は確認できなかった．

大学キャンパスの研究室を対象に，短期間の運用実験を行った．結果，プライバシーの侵害となる意図せざる映像の配信は確認できなかった．また利用者は映像と音声を通じて，接続先の直接的／物理的な状況を知ることができた．

12.6 建物内における周辺情報提示

建物内の周辺情報提示において，人間がスマートモバイルデバイスの画面を見る際の視線の方向から，利用者の興味のある空間の範囲を推定し，俯瞰地図とズームの切り替えに用いる MapTop システムを提案した．試作システムと実装して展示会における実運用を行い，9 名の被験者が試作システムを利用した．

12.7 徒歩圏内における周辺情報提示

徒歩圏内の周辺情報提示において，人間がスマートモバイルデバイスの画面を見る際の視線の方向から，利用者の興味のある空間の範囲を推定し，俯瞰地図とズームの切り替えおよびズーム状態のスクロールに用いる Locoscape システムを提案した．スマートフォン上に試作システムを実装した．

Locoscape の有用性を示すために，周辺の飲食店から行き先を選ぶというタスクを対象に，一般的なズーミング地図システム（Google Maps）との比較を行った．評価項目としては，遂行時間を測定し，閲覧の行いやすさ／楽しさ／ツールの全般的な満足度を 5 段階で評価した．結果，遂行時間および行いやすさについては同等だった物の，楽しさおよび全般的な満足度において Locoscape が優位だった．

地域住民を対象とした運用実験を行った．対象地域は青森県青森市の青森駅周辺であり，のべ 39 人の地域住民がそれぞれ 1 日試作システムを試用した．地域の飲食店と事故危険箇所の情報を提供したところ，飲食店情報の方が有用であること，システムは屋外で移動中に利用されることが多いこと，また両者を合わせて，一般的な携帯電話のコンテンツの月額使用料と同程度の支払い意向があることを確認できた．

12.8 ユビコンプ研究としての位置付け

本研究は，ユビコンプを対象に，特に実世界におけるインタラクションの状況下において，Calm Technology–利用者がテクノロジーに意識を取られずにインタラクションの支援の実現–を目指すものである．そのためには，人間が特定の場から与えられるアフォーダンス，およびコンテクストの理解が必要である．そこから得られた知見を，タンジブルおよびアンビエントなインタフェースとして応用した．

12.9 考察

本研究を通じて，Mobile Reaching Out 手法による情報システムのデザインを提案し，試作システムの既存手法との比較においてユーザビリティは多くの場合同等であり，一方で主観的評価においては使い勝手の自然さや楽しさといった優位性が見られた．

一方で，利用者は，必ずしも置かれた場における活動支援型の利用だけでなく，透過アクセス型の利用を行おうとする場合もあり，その場合にはアクセスの統合がかえってユーザビリティを低下させる場合も見られた．専用のドア型のデバイスや，現在地周辺以外の閲覧のための地図のナビゲーションインフェースなど，場のセットアップから切り離されたされたインタフェースを併用することが望ましい場合も存在するといえる．

デザイン手法としては，5 種類の新規のデザインを提案するとともにそれぞれについて 1〜2 種類の試作システムの実装を行い，多くの場合に主観評価において既存手法と比べた優位性を示すことができた．いずれも実装上の困難は少なかった．結果的に，MRO 手法によっていまだけここだけ型のアプリケーションの効果的なデザインを行うことができたといえる．

12.10 今後の展望

Mobile Reaching Out 手法を拡張して，より多様な場で適切に利用できる情報システムのデザインの可能性について述べた．

また，情報システムを統合した場のデザインには空間的な表現と情報アクセスのダイアグラム的な表現の両方が必要なこと，およびそれらを統合的に扱うツールの例としてコンピュータのソフトウェア開発に用いられる Rapid Application Development ツールを示し，Rapid Place Development ツールの可能性を示した．

12.11 結論

本研究では，スマートモバイルデバイスを用いた活動の支援において，注意を削ぐ，プライバシーを侵害する，といった問題を，場における情報アクセスのセットアップの不整合として定式化した．

その問題を解消するため，デバイスの姿勢を利用者の視線との関係から意味付けし、活動の対象に対応付け適切な情報を提示する Mobile Reaching Out（MRO）手法を提案した．

MRO 手法の研究として、MRO 手法に基づく 5 種類の情報システムのデザインを提案し、セットアップの検証および試作システムを用いた有用性の評価を行った．また MRO 手法およびインタラクションデザインの研究手法についての考察を行い，今後の展望を示した．

以上の通り本研究では，ユビキタスコンピューティングを用いる活動の場の分析とデザインにおいて、情報のアクセスのパターンをパラメータとして用いることの重要性を指摘した．

謝辞

学部時代から博士課程の 10 年間に渡り，慶應義塾大学 安村通晃教授に終始温かいご指導を頂き，研究の方法論から研究を行う人間としての心構えまでを学ばせていただきました．深く感謝いたします．

本研究の副査をお願いいたしました慶應義塾大学　徳田英幸先生，小川克彦先生，加藤文俊先生からは，研究の遂行に関しまして意義深い助言を頂きました．感謝の念にたえません．

小檜山賢二先生，三宅理一先生，慶應義塾大学　福田忠彦先生，仰木裕嗣先生，樋口文人先生，羽田久一先生，古谷知之先生，松本修一先生，東京電機大学　渡邊朗子先生，東京女子大学 渡辺隆行教授，大阪経済大学 松本良治教授ら諸先生方から，多くの示唆を頂きました．トロント大の Mark Chignell 先生におかれましては，英語論文の修正をはじめ，評価実験に関してなど，多くのご協力を頂きました．

研究室の先輩である塚田浩二さんには開発の支援をはじめ多くのご助言を頂きました．PDA の開発においては研究員だった日立製作所 柳川博さんに多くを負っています．また慶應義塾大学　岩井正将先生，伊藤昌毅さんには，機材提供及び実装の協力を頂きました．

渡邊恵太君をはじめとする安村研究室の皆さん，三宅研究室，渡邊研究室，徳田／村井研究室，國領研究室，コ・モビリティ社会の創成プロジェクトの皆さん，デザイン・プロジェクト Studio+i を中心としたの学生の皆さん，及びかわじみきさん，宮内隆行さんを初めとする外部のデザイナーの皆様，三菱地所株式会社の皆様，株式会社スペース・オブ・ファイブの皆様，フィグラ株式会社の皆様，秋葉原電気街振興会の皆様，青森市の皆様とは，様々な議論，及びプロジェクトを一緒に実行させていただきました．

加えて，評価実験にご協力頂いた皆様に感謝いたします．

本研究は 21 世紀 CoE　ユーザ指向ユビキタス環境プロジェクト，森泰吉郎記念基金，NEDO，日本学術振興会特別研究員制度，文部科学省　科学技術振興調整費の支援の下に行なわれました．

最後に，大学院で学ぶことを可能とし常に温かい目で見守ってくれた父母に感謝いたします．

ありがとうございました．

本研究に関連した対外発表

査読付論文

- 児玉哲彦, 安村通晃: ちらりドア：ドアの開閉をコンテクストの指標として用いたウェブカメラのプライバシー保護, 湘南藤沢学会 Keio SFC Journal, 9 巻第 2 号, 2010 年 2 月発行予定.
- 児玉哲彦, 安村通晃: DataJockey：中華テーブルメタファによる対面会話活性化インタフェースの試作, 情報処理学会論文誌, 48 巻 3 号　特集「インタラクション技術の原理と応用」, pp.1144-1153, 2007.

口頭・ポスター発表

国際学会

- Kubo, M., Kodama, A., Takaishi, E., Chiba, R., Watanabe, K. and Yasumura, M.: Interactive Design of Memory Sharing Applications for Families, *Human Computer Interaction International 2007*, 7/22〜27, 2007.
- Kodama, A.,Shimizu, Y.Miyake, R., Yasumura, M.: KokoHORE: A Social Bookmarking Service Using the Cellular Phone at Electric Town of Akihabara, *Asian Mega City 2007*, at Seoul, Korea, 3/29〜31, 2007.
- Yasumura, M., Kodama, A., Watanabe, K.: Interaction design for ubiquitous home From digital storage to human memories, *APCHI2006*, at Beijing, China, 7/22〜27, 2006.
- Kodama, A., Yasumura, M.: MapTop: Behavior as Context in a Digital Exhibition Guide, *UIST 2006 Demo*, at Montreux, Switzerland, 10/15〜18, 2006.（採録, 都合により学会参加できず）
- Kodama, A., Yasumura, M.: DataJockey: A Proposed Interface for Data Exchange Using the Lazy Susan Metaphor, *UIST 2004 Poster*, at Santa Fe, USA, 10/24〜27, 2004.

国内学会

- 児玉哲彦, 松本修一, 古谷知之: 高機能携帯電話を用いた情報提供による交通行動変化に関する研究, 日本交通学会, 第 68 回研究報告会, 2009.
- 児玉哲彦, 安村通晃: Locospace: 傾きを操作に用いるモバイル周辺情報ブラウザ, ヒューマンインタフェースシンポジウム, 2009.
- 児玉哲彦, 安村通晃: Locoscape: 利用者との位置関係をナビゲーションする地域情報参照インタフェース, 情報処理学会 HCI 研究会, 2009.
- 千葉力生, 高石悦史, 久保美那子, 児玉哲彦, 安村通晃, 國領二郎: Asnaro：親子のコミュニケーションに身長差を利用する手書きインタフェース, 情報処理学会インタラクション 2007 インタラクティブ発表, 2007.
- 児玉哲彦, 清水友理, モバイルアキバ：来街者のためのインタフェースデザイン, 国際シンポジウム都市空間とインテリジェンス, 2007.
- 児玉哲彦, 清水友理, 安村通晃, ここ HORE: 秋葉原電気街における携帯電話を用いたソーシャルブックマーク, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会, 2007.
- 安村通晃, 児玉哲彦, 渡邊恵太, 永田周一, Interface2.0: これからのヒューマンインタフェース〜課題と今後, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会, 2006.
- 福井進吾, 高石悦史, 安村通晃, 松本貴之, 渡邊恵太, 後藤孝行, 児玉哲彦, 電車展 (1) 概要と設計: 電車における乗客のための情報デザインの研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム HIS2006, 2006.
- 高石悦史, 福井進吾, 安村通晃, 松本貴之, 渡邊恵太, 後藤孝行, 児玉哲彦, 電車展 (2) 実装と評価: Suica と携帯を用いた電車内でのインタラクション, ヒューマンインタフェースシンポジウム HIS2006, 2006.
- 久保美那子, 児玉哲彦, 安村通晃, Flog：浴室における記憶想起支援システム, ソフトウェア科学会 WISS2005 対話発表, 2005.
- 児玉哲彦, 安村通晃, ふらっと：実空間をブラウジングするためのレーダー型情報提示の提案と試作, ソフトウェア科学会 WISS2005 対話発表, 2005.
- 渡邊恵太, 後藤幹久, 福田奈都子, 児玉哲彦, 安村通晃, Augmented Memory Interface: 記録から記憶へ, ヒューマンインタフェースシンポジウム HIS2005, 2005.
- 児玉哲彦, 渡邊恵太, 安村通晃, 遮蔽行為による情報機器のプライバシー制御, ヒューマンインタフェースシンポジウム HIS2005, 2005.
- 児玉哲彦, 安村通晃, DataJockey：中華テーブルメタファを用いたデータ交換インターフェースの提案と試作, 情報処理学会 インタラクション 2004 対話発表, 2004.

イベント

- iLogHouse, 東京 TOKIA ガレリア, 11/22〜23, 2006.
- セッション「地域についての情報交換サービスの開発と, 地域活性化への応用」, 市民メディアサミット 2006, 9/7〜9, 2006
- 家展, 高井戸ミサワホーム MIF パーク, 2/7〜8, 2005.
- 電車展, 横浜ギャルリーパリ, 3/10〜11, 2006.
- 藤沢市産学交流フォーラム　大学技術市場 藤沢産業センターにて展示, 3/13〜14, 2004.

メディア掲載

テレビ

- 特集　産学連携の課題とは？, ワールドビジネスサテライト, テレビ東京, 11/22, 2007.

雑誌／出版物

- 向けた方角 道案内 携帯向けソフト 慶大研究員開発 店舗や交通事故情報も, 毎日新聞, 毎日新聞社, 7/4, 2009.
- 児玉哲彦: 都市情報化の現在-デザインプロジェクト Studio+i によるライフログ分野への取り組みを中心に, 日仏工業技術, Tome53, No.2, 2007.
- 児玉哲彦: 環境が行動を知るとき：ライフログを介した環境と人間のインタラクション, 日本建築学会全国大会福岡, パネルディスカッション「空間生命化と都市・建築の未来」, 2007.
- 特別編集「新製品民俗学」: 電車展 Suica が拓く未来の電車, pp.120-121, mono マガジン ワールドフォトプレス, Sep.2006
- 本江正茂: 住宅におけるインタラクション・デザイン－意識資源の希少性をめぐって, 日本建築学会総合論文誌　第 4　特集「情報化の視点からみた建築・都市のフロンティア」, pp.34-35, Feb.2006.
- 『未来の家展』開催, Do You!, ソフトバンクパブリッシング, Mar.2003.
- とらえ直す「家の意味」慶大生が情報機器提案, 朝日新聞, 朝日新聞社, 2/16, 2005.

ウェブサイト

- 森山和道: 森山和道の「ヒトと機械の境界面」おしゃれなITはありえるのか　慶應安村研「おしゃれ展　私をキレイにするユビキタス」レポート, PC Watch, インプレス, 2/19, 2008.
- 森山和道: 森山和道の「ヒトと機械の境界面」「電車展 -Suicaがひらく未来の列車-」開催〜人が乗りたくなる電車とは, PC Watch, インプレス, 2/13, 2006.
- 森山和道: 森山和道の「ヒトと機械の境界面」SFC ORF2005 レポート〜ユビキタスはもはや当たり前, その次が求められる時代か, PC Watch, インプレス, 11/28, 2005.
- 森山和道: 森山和道の「ヒトと機械の境界面」ポストGUIの可能性を探る 〜慶應義塾大学安村研究室探訪記, PC Watch, インプレス, 12/25, 2003.

受賞

- Human Interface 2009 優秀プレゼンテーション賞
- 2004年度 SFC STUDENT AWARDS 受賞

参考文献

[Abowd00] Abowd, G.D., Atkeson, C., Bobick, A., Essa, I., MacIntyre, B., Mynatt, E.D., Starner, T.: Living laboratories: The future computing environments group at the georgia institute of technology, In *Extended Abstracts of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2000.

[Adobe06] Adobe Systems Inc.: Flash, http://www.adobe.com/jp/products/flash/flashpro/, 2006.

[Adobe08] Adobe Systems Inc.: Flash Media Server, http://www.adobe.com/jp/products/flashmediaserver/, 2008.

[Alexander84] Alexander, C. 著, 平田翰那訳: パタン・ランゲージ―環境設計の手引, 鹿島出版会, 1984.

[Amoi04] あもい: FlashMX用汎用ソケットサーバー　gpss, http://gpss.wda.jp/, 2004.

[Android] Google Inc.: Android, http://code.google.com/intl/ja/android/, 2010.

[Brave97] Brave, S., Dahley, A.: inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication (short paper), in *Extended Abstracts of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97)*, ACM Press, pp.363-364, 1997.

[Buxton97] Buxton, W.: Living in Augmented Reality; Ubiquitous Media and Reactive Environments, *Video Mediated Communication*, Erlbaum, pp.363-384, 1997.

[Buxton05] Buxton, W.: Space-Function Integration and Ubiquitous Media, Unpublished article, available at: http://www.billbuxton.com/ubiVidRedux.pdf, 2005.

[Cockburn03] Cockburn, A. and J. Savage, J.: Comparing Speed-Dependent Automatic Zooming with Traditional Scroll, Pan, and Zoom Methods, In *People and Computers XVII: British Computer Society Conference on Human Computer Interaction*, pp.87-102, 2003.

[DaSilva01] Da Silva, P.P., Paton, N.W.: User Interface Modeling with UML, Information modelling and knowledge bases XII, IOS Press, pp.203-217 , 2001.

[Dietz01] Dietz, P.H., Leigh, D.L.: DiamondTouch: a multi-user touch technology, in *Proceedings of ACM Symposium on User Interface Software and Technology(UIST '01)*, pp.219-226, 2001.

[Dokoiku] 株式会社リクルート: ドコイク？, http://www.doko.jp/, 2010.

[Dourish92] Dourish, P., Bly, S.: Portholes: supporting awareness in a distributed work group, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp.541-547, 1992.

[Dourish01] Dourish, P.: Where The Action Is: The Foundations of Embodied Interaction, *MIT Press*, 2001.

[Eclipse] The Eclipse Foundation: Eclipse, http://www.eclipse.org/, 2010.

[Eslambolchilar04] Eslambolchilar, P., Williamson, J., Murray-Smith, R.: Multimodal Feedback for Tilt Controlled Speed Dependent Automatic Zooming, in *UIST 2004 Companion*, pp.31-32, 2004.

[Feiner97] Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T. and Webster, A.: A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment, In *Proceedings of ISWC '97*, pp. 74–81, 1997.

[Flickr] Yahoo Inc.: http://flickr.com/, 2010.

[Foreman01] Foreman, N., Gillet R. 著, 竹内謙彰, 旦直子監訳: 空間認知研究ハンドブック, 二瓶社, 2001.

[Gibson85] Gibson, J.J. 著, 古崎敬 [他] 共訳: 生態学的視覚論　ヒトの知覚世界を探る, サイエンス社, 1985.

[Goffman74] Goffman, E. 著, 石黒毅訳: 行為と演技ー日常生活における自己呈示, 誠信書房, 1986.

[Goffman86] Goffman, E. 著, 広瀬英彦, 安江孝司訳: 儀礼としての相互行為　対面行動の社会学, pp.1, 法政大学出版局, 1986.

[GoogleMaps] Google Inc.: Google Maps, http://maps.google.com/, 2010.

[Greenberg96] Greenberg, S.: Peepholes: Low Cost Awareness of One's Community, in *CHI'96 Conference Companion*, pp.206-207, 1996.

[Haddon00] Haddon, L.: The Social Consequences of Mobile Telephony: Framing Questions, In *Proceedings from a Seminar About Society, Mobile Telephony, and Children*, Telenor, 2000.

[Hall66] Hall, E.T. 著, 國弘正雄, 長井善見, 斎藤美津子訳: 沈黙のことば, 南雲堂, 1966.

[Hall70] Hall, E.T. 著, 日高敏隆, 佐藤信行訳: かくれた次元, みすず書房, 1970.

[IDEO03] IDEO: Social Mobiles, http://www.ideo.com/portfolio/re.asp?x=50172, 2004.

[Igarashi00] Igarashi, T. and Hinckely, K.:Automatic speed-dependent zooming for browsing large documents, in *13th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 139-148, 2000.

[Intersense07] Intersense: InertiaCube3, http://www.isense.com/products.aspx?id=44, 2007.

[Intille05] Intille, S.S., Larson, K., Beaudin, J., Munguia Tapia, E., Kaushik, P., Nawyn, J., McLeish, T.J.: The PlaceLab: a live-in laboratory for pervasive computing research (Video), in *Proceedings of Pervasive 2005 Video Program*, 2005.

[Ishii92] Ishii, H., Kobayashi, M.: ClearBoard: a seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI '92)*, pp.525-532, 1992.

[Ishii97] Ishii, H., Ullmer, B.: Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, in *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97)*, ACM Press, pp.234-241, 1997.

[Ishii01] Ishii, H., Mazalek, A., Lee, J.: Bottles as a minimal interface to access digital information, in Extended Abstracts of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '00), ACm Press, pp.187-188, 2001.

[Ishikawa08] Ishikawa, T., Fujiwara, H., Imai, O. and Okabe, A.: Wayfinding with a GPS-based mobile navigation system: a comparison with maps and direct experience. *Journal of Environmental Psychology*, 28, pp. 74-82, 2008.

[Jasmin] 株式会社ジャスミンソフト: 座標変換クラスライブラリ, http://www.jasminesoft.co.jp/scalc/index.html, 2010.

[Kato02] 加藤隆: 認知インタフェース, オーム社, 2002.

[Kendon90] Kendon, A.: Conducting Interaction: Patterns of behavior in focused encounters, *Cambridge University Press*, 1990.

[Kodama05] 児玉哲彦, 渡邊恵太, 安村通晃: 遮蔽行為による情報機器のプライバシー制御, ヒューマンインタフェース 2005 論文集, pp.541-546, 2005.

[Kodama06] Kodama, A., Yasumura, M.: MapTop: Behavior as Context in a Digital Exhibition Guide, *UIST 2006 Demo*, 2006.

[Kodama07] 児玉哲彦, 安村通晃: DataJockey：中華テーブルメタファによる対面会話活性化インタフェースの試作, 情報処理学会論文誌, 48 巻 3 号, pp.1144-1153, 2007.

[Kohtake05] Kohtake, N., Ohsawa, R., Yonezawa, T., Matsukura, Y, Iwai, M., Takashio, K., Tokuda, H.: u-Texture: Self-organizable Universal Panels for Creating Smart Surroundings, in Proceedings of *the Seventh International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2005)*, pp.19-38, 2005.

[Kuzuoka99] Kuzuoka, H., Greenberg. S.: Mediating awareness and communication through digital but physical surrogates, In *HI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 11-12, 1999.

[Ling97] Ling, R.: "One can talk about common manners!": The use of mobile telephones in inappropriate situations, In *Themes in mobile telephony Final Report of the COST 248 Home and Work group*, 1997.

[Matsubara02] Matsubara, T., Sugiyama, K., Nishimoto, K.,: Raison D ̀etre Object: A Cyber-Hearth That Catalyzes Face-to-face Informal Communication, Engineering and Deployment of Cooperative Information Systems: First International Conference (EDCIS 2002), LNCS 2480, pp.537-546, 2002.

[McLuhan87] McLuhan, M. 著, 栗原裕, 河本仲聖訳: メディア論―人間の拡張の諸相, みすず書房, 1987.

[Merleau-Ponty89] Merleau-Ponty, M. 著, 滝浦静雄, 木田元訳: 見えるものと見えないもの, みすず書房, 1989.

[Meyrowitz03] Meyrowitz, J. 著, 安川一, 高山啓子, 上谷香陽訳: 場所感の喪失　電子メディアが社会的行動に及ぼす影響（上）, 新曜社, 2003.

[Minakuchi95] 水口充, 増井俊之, ボーデン・ジョージ, 柏木宏一: なめらかなユーザーインタフェースによる地図情報検索システム，インタラクティブシステムとソフトウェア III (日本ソフトウェア科学会 WISS '95), pp.231-240, 1995.

[Miwa04] 三輪敬之, 石引力: 場の創出に影を活用する共存在コミュニケーションシステムの開発, インタラクション 2004 論文集, pp.255-262, 2004.

[Morioka97] 森岡靖太, 村井信哉, 田仲史子, 杉川明彦: 使用場所の制約のない対面会議支援システム, 電子情報通信学会技術研究報告 オフィスシステム, Vol.97 No.412, pp.19-24, 1994.

[Murakoshi08] 村越真, 若林芳樹　編著: ＧＩＳと空間認知　進化する地図の科学, 古今書院, pp.63, 2008.

[Mynatt01] Mynatt, E.D., Rowan, J., Craighill, S. and Jacobs, A.:Digital family portraits: Providing peace of mind for extended family members, in *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2001)*, ACM Press, pp.333-340, 2001.

[Neustaedter03] Neustaedter, C., Greenberg. S.: The Design of a Context-Aware Home Media Space for Balancing Privacy and Awareness, In *Proc. of UBICOMP2003*, pp.297-314, 2003.

[Nguyen00] Nguyen, D.H., Tullio, J., Drewes, T. Mynatt, E.D.: Dynamic Door Displays, Unpublished article written at GVU, Georgia Tech, available at: http://quixotic.cc.gt.atl.ga.us/ dnguyen/writings/DynDoorDisplays.pdf, 2000.

[Nicholas02] Nichols, J., Wobbrock, J., Gergle, D., Forlizzi, J.: Mediator and Medium: Doors as Interruption Gateways and Aesthetic Displays; In *Proc. of DIS'2002*, pp.379-386, 2002.

[Nishizawa06] 西澤大: iLogHouse 平面プラン, 2006.

[Norman90] Norman, D.A. 著, 野島久雄訳: 誰のためのデザイン?—認知科学者のデザイン原論, 新曜社, 1990.

[Norman04] Norman, D. 著, 岡本明, 伊賀聡一郎, 安村通晃, 上野晶子訳: エモーショナルデザイン—微笑を誘うモノたちのために, 新曜社, 2004.

[Oxygen02] Project Oxygen: http://oxygen.csail.mit.edu/, 2002.

[Palen01] Palen, L. Salzman, M, Youngs, E.: Discovery and integration of mobile communications in everyday life, *Personal and ubiquitous computing 5*, pp.109-122, 2001.

[Rekimoto96] Rekimoto, J.: Tilting operations for small screen interfaces, in *Proceedings of UIST '96*, pp.167-168, 1996.

[Rekimoto97] Rekimoto, J.: Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments, in *Proceedings of UIST '97*, pp.31-39, 1997.

[Rekimoto00] Rekimoto, J., Sciammarella, E.: ToolStone: Effective Use of the Physical Manipulation Vocabularies of Input Devices, in *Proceedings of UIST '00*, 2000.

[Rheingold03] Rheingold, H. 著, 公文俊平, 会津泉訳: スマートモブズ　＜群がる＞モバイル族の挑戦, NTT 出版, 2003.

[Robertson97] Robertson, T.: Cooperative Work and Lived Cognition: A Taxonomy of Embodied Actions. in *Proceedings of the Fifth European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, Kluwer Academic Publishers, pp.205-220, 1997.

[Robinson08] Robinson, S., Eslambolchilar, P. and Jones, M.: Point-to-GeoBlog: gestures and sensors to support user generated content creation, in *Proceedings of the 10th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '08)*, pp.197-206, 2008.

[Rowan05] Rowan, J., Mynatt, E.D.: Digital Family Portrait field trial: Support for aging in place, In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2005)*, ACM Press, 2005.

[Saeki88] 竹内啓編, 佐伯胖著: 機械と人間の情報処理ー認知工学序説, 意味と情報, 東大出版会, 1998.

[Shen03] Shen, C., Everitt, K.M., Ryall, K.: UbiTable: Impromptu Face-to-Face Collaboration on Horizontal Interactive Surfaces, in *Proceedings of ACM International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp)*, pp.281-288, 2003.

[Shen04] Shen, C., Vernier, F.D., Forlines,C. and Ringel, M.: DiamondSpin: an extensible toolkit for around-the-table interaction, in *Proceedings of the 2004 conference on Human factors in computing systems*, pp.167-174, 2004.

[Sony06-1] Sony Corp.: CLIE PDA, http://www.sony.jp/products/Consumer/PEG/PEG-NX80V/, 2006.

[Sony06-2] Sony Corp.: VAIO type U, http://www.vaio.sony.co.jp/Products/VGN-U50/, 2006.

[Streitz94] Streitz, N.A., GeiBler, J., Haake, J.M., Hol, J.: DOLPHIN: integrated meeting support across local and remote desktop environments and LiveBoards, in *Proceedings of the 1994 ACM conference on Computer supported cooperative work(CSCW '94)*, ACM Press, 1994.

[Streitz04] Streitz, N.A., Prante, T., Muller-Tomfelde, C., Tandler, P., Magerkurth, C.: Roomware: the second generation, in *Extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp.506-507, 2002.

[Tabelog] 株式会社カカクコム: 食べログ, http://tabelog.com/, 2010.

[Tanaka02] Tanaka, H., Arikawa, M., and Shibasaki, R.: Pseudo-3D Photo-Collage, *ACM Siggraph 2002*, Web Graphics Category, 2002.

[Tandler01] Tandler, P., Prante, T. , Muller-Tomfelde, C., Streitz, N., Steinmetz, R.: Connectables: dynamic coupling of displays for the flexible creation of shared workspaces, in *Proceedings of UIST '01*, pp.11-20, 2001.

[TCA07] 電気通信事業者協会（TCA）: 事業者別契約数, http://www.tca.or.jp/japan/database/daisu/yymm/0711matu.html, 2007.

[Thomas98] Thomas, B., Demczuk, V., Piekarski, W., Hepworth, D. and Gunther, B.: A Wearable Computer System with Augmented Reality to Support Terrestrial Navigation, In *Proceedings of the second international symposium on wearable computers (ISWC '98)*, pp. 168-171, 1998.

[Truepoint03] Honeywell International Inc.: Truepoint Compass Module, http://www.magneticsensors.com/, 2003.

[Tsukada01] Tsukada, K., Yasumura, M.: Ubi-Finger: Gesture Input Device for Mobile Use, *Companion Proceedings of Ubicomp'2001*, Technical Report: GIT-GVU-TR-01-7, 2001.

[Tsukada04] Tsukada, K., and Yasumura, M.: ActiveBelt: Belt-Type Wearable Tactile Display for Directional Navigation, In *Proceedings of Ubicomp 04*, pp.384-399, 2004.

[Uesugi04] 上杉繁, 片山智文, 三輪敬之: 身体の二重的表現手法に基づく空間共有テーブル, インタラクション 2004 論文集, pp.263-270, 2004.

[UML] Object Management Group: UML Resource Page, http://www.uml.org/, 2010.

[Underkoffler99] Underkoffler, J., Ishii, H.: Urp: A Luminous-Tangible Workbench for Urban Planning and Design, in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99), ACm Press, pp.386-393, 1999.

[Weiser91] Weiser, M.: The Computer for the Twenty-First Century, *Scientific American*, pp. 94-100, 1991.

[Weiser96] Weiser, M., Brown, J.S.: The Coming Age of Calm Technology, *Xerox PARC white paper* available at http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm, 1996.

付録A

デバイスの姿勢計測技術について

概要

本研究で提案した3種類の手法は，いずれもデバイスの姿勢を取得する技術を用いている．研究の過程で得られた，デバイスの姿勢計測技術に関する知見を付記する．

A.1　姿勢計測技術の要件

デバイスの姿勢を計測するためには，複数の計測手法が存在する．ここで紹介するのは，

- ジャイロ
- 磁気方位＋加速度
- 非接触スイッチ

の3種類の手法を用いた4個の計測機器である．いずれもコンピュータに接続して用いるものである．

それぞれについて，表A.1の特徴をまとめる：

まず，3次元の姿勢を計測する場合は，3軸のうちの幾つに対応しているかが問題になる．ここで取り上げる計測機器の中には，複数のセンサーを組み合わせることで2〜3次元の姿勢計測を実現しているものが多い．次に，計測の精度および時間分解能のスペックについて述べる．本研究の場合のような日常的な人間の動作の計測であれば，多くの場合±5°の精度，100Hzの時間分解能があれば充分であった．4番目に，実用上のセンサーの累算誤差（ドリフト）の有無について述べる．5番目に，キャリブレーションの手順および手間について述べる．7，8番目に，コンピュータと接続するために利用できるハードウェアおよびソフトウェアのインタフェースについて述べる．最後に，機器を提供するメーカーを記す．

表 A.1: 報告計測技術の特徴

1	**軸数**
2	**計測精度**
3	**時間分解能**
4	**ドリフト**
5	**キャリブレーション**
6	**接続インタフェース**
7	**接続ソフトウェア**
8	**メーカー**

A.2 ジャイロセンサー

ジャイロセンサー JST-1 は，ヘッドマウントディスプレイでの利用を前提とするジャイロセンサーである（図 A.1，表 A.2）．USB 接続で手軽に扱うことができるが，ジャイロセンサーの原理的に絶対運動が取得できない．高速な姿勢の変化に追随する性能を有しておらず，手で素早く回転させて戻すだけでも初期値に戻らない．ゆえに，対象の絶対的な運動を計測する用途には向いておらず，相対的な運動の計測において用いるべきである．

本研究においては，DataJockey 試作システム 2 の初期の実装で用いたが，前述のような理由から適さなかったため，次に述べる磁気方位＋加速度センサー TruePoint を用いた．

JST-1 は一般向けには販売されていない．

図 A.1: JST-1

表 A.2: JST-1 の特徴

軸数	3
計測精度	N/A
時間分解能	N/A
ドリフト	多大
キャリブレーション	専用ソフトウェアにて 5 分程度で完了
接続インタフェース	USB
接続ソフトウェア	Win32 API
メーカー	日本航空電子

A.3 磁気方位＋加速度センサー 1

磁気方位＋加速度センサー TruePoint Compass Module は，3 軸磁気方位センサーおよび 3 軸加速度センサーを組み合わせ，3 軸の姿勢計測が可能な機器である（図 A.2, 表 A.3）．計測精度± 1° と高い計測精度を誇り，また地磁気と重力を参照することで絶対方位が計測できることが本センサーの強みである．特に接続用のソフトウェアは提供されないが，RS-232C による一般的なシリアル通信のため，多くのプログラムから容易く利用することができる．

本研究では DataJockey 試作システム 2 において利用した．磁気を利用するため，金属が多い屋内の空間ではドリフトが大きく発生する場合も見られた．

図 A.2: TruePoint Compass Module

表 A.3: TruePoint の特徴

軸数	3
計測精度	± 1°
時間分解能	25Hz
ドリフト	条件次第で発生
キャリブレーション	専用ソフトウェアにて 5 分程度で完了
接続インタフェース	RS-232C
接続ソフトウェア	N/A
メーカー	日本航空電子

A.4 磁気方位＋加速度センサー 2

磁気方位＋加速度センサー InertiaCube3 は，磁気／加速度等の 9 種類のセンサーを組み合わせる 3 軸の姿勢計測機器である（図 A.3，表 A.4）．

本研究で利用した範囲では，TruePoint よりもドリフトの発生は少ない（まったくないわけではない）．外寸が.2mm x 39.2mm x14.8mm と非常に小型であり，モバイルデバイス等での利用に適している．また時間分解能が 180Hz と非常に高速なことも大きな特徴である．接続ソフトウェアは Win32 API の DLL が提供されているほか，ユニークなのは UDP を用いたネットワーク内へのデータのマルチキャストが可能となっており，そのままでネットワークセンサーとしても応用が可能である．自律的な姿勢計測機器としては，非常に高い性能を有しているといえる．

本研究では DataJockey ／ Hide&Seek の検証実験，およびちらりドアの検証／評価実験で用いた．

表 A.4: InertiaCube3 の特徴

軸数	3
計測精度	± 1°
時間分解能	180Hz
ドリフト	小
キャリブレーション	専用ソフトウェアにて 5 分程度で完了
接続インタフェース	RS-232C ／ USB
接続ソフトウェア	Win32 API ／ UDP
メーカー	InterSense Inc.

図 A.3: InertiaCube3

A.5 非接触スイッチ

本センサーは，Phidgets の RFID を用いて，筆者が自作した（図 A.4，表 A.5）．

タグを貼付けた板の上を，ドアに取り付けたリーダーが読み取ることで角度を計測する．ドリフトやキャリブレーションの必要がなく絶対姿勢を検出できることから，特にドアのような固定的な対象物を，長期的に安定して計測することができる．時間分解能はスペック上は 30Hz での動作が可能であるが，RFID タグがうまく検出されない場合もあるので，計測を安定させるためにマージンを大きくして 1Hz で利用した．非接触スイッチとしては，この他にもマグネットセンサーなどが安価に利用可能である．

本研究ではちらりドアの運用実験におけるドアの開閉の計測に用いた．

表 A.5: Phidgets RFID の特徴

軸数	1
計測精度	± 7.5°
時間分解能	30Hz
ドリフト	なし
キャリブレーション	必要なし
接続インタフェース	USB
接続ソフトウェア	Java ／.NET ／ ActioScript 3.0 ／ etc.
メーカー	Phidgets Inc.

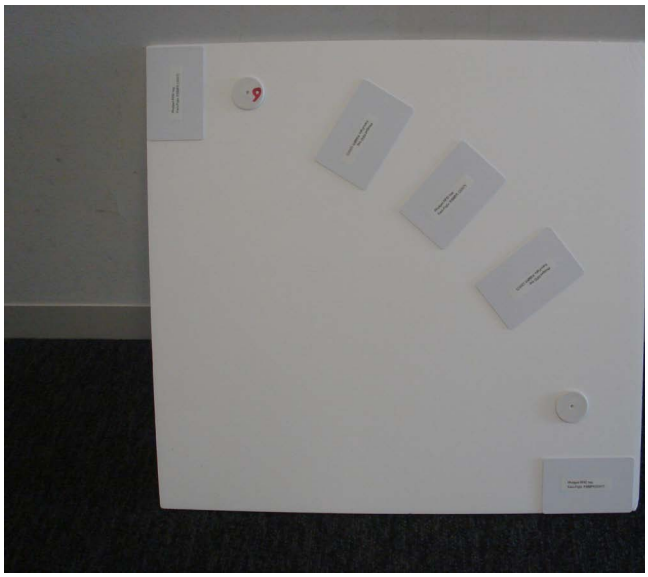


図 A.4: タグを貼付けた板