

G-41

複数の汎用センシングデータを用いて多様なインタラクションを実現する方式の検討

A study on the method to realize various interactions using multiple general purpose sensing data.

吉田 隆之助† 外村 佳伸‡

Ryunosuke Yoshida Yoshinobu Tonomura

1. はじめに

近年では様々なセンシング機器の普及で人の動きをセンシングすることが容易となり、ゲーム機やスマートフォンで盛んに用いられるようになってきた、今後は複数の人がこうしたセンシング機器を通して同時にシステムとインタラクションすることが増えると考えられる。その場合、複数のセンシングデータを同時に扱うならではの様々なアプリケーションの可能性があると同時に、どのアプリケーションにも共通して実現すべき機能もある。Luisらは、同様に複数のモバイル機器を用いて集約するシステムとして、バッテリー消費等を考慮した構成を検討している[1]。

本報告では複数人の動作を同時に汎用センサーで捉えることで多様なインタラクションを実現するために、端末側は特にアプリケーションの違いを意識する必要がなく、集約側で切り替えればよいプラットフォームを構築することをめざす(図1)。

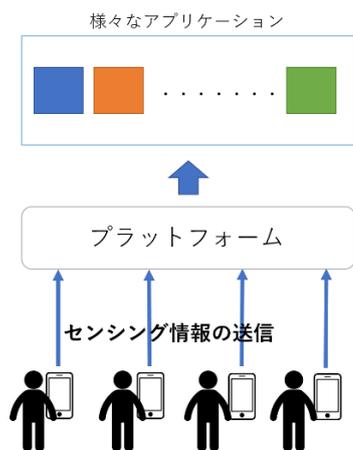


図1 システムの構造の図

今回、汎用センサーを持つ機器として、多くの人にとっ

て身近なデバイスであるスマートフォンを選択した。

2. 複数汎用センシング

センシングデータを複数同時利用する多様なインタラクションを次の3つのタイプで代表できると考えた。すなわち(a)分担型、(b)調和型、(c)合致型の3つである。

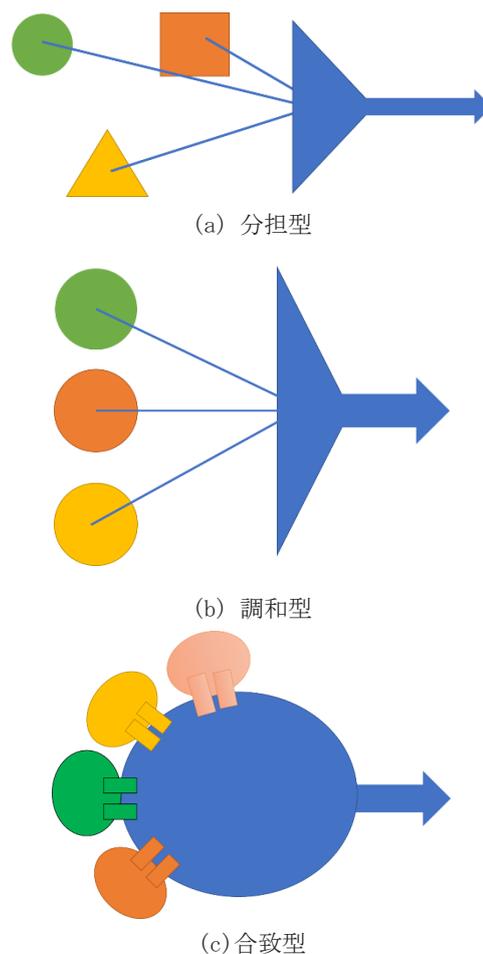


図2 汎用センシングデータを複数同時利用するインタラクションタイプ

†龍谷大学大学院, Graduate school, Ryukoku University.

‡龍谷大学, Ryukoku University

分担型とは、センシングデータの利用の仕方が、入力情報によって異なり（○，×，△，□等形の違いで表す），それらが役割分担的に協力しあうものである。

一方，調和型はセンシングデータの利用法はすべて同じで，そのさじ加減により全体で協調的に調和することをめざすものである。

合致型は入力情報の処理形は同じだが，その組み合わせ方に特定の成立条件を伴うものである。

本研究では，これらのタイプについての具体的なアプリケーションとしてシンプルなものを作成し，人の操作をベースとしてプラットフォーム上で実現し，応用の可能性を探ると同時に，課題の発見をめざした。

具体的には，分担型では見本の角度，大きさ，色を目指す立体変形ゲーム，協調は見本と同じ色を作る色合わせゲーム，マッチングは玉を反射板で反射させていき，ゴールを目指す反射ゲームを作った（4.2参照）。

3. プラットフォームの構成と課題

実験では汎用センシングデータを得るためにユーザー操作機器としてスマートフォンを用い，さらにセンシングデータを集約するプラットフォームを設計，構築した。

研究目的としては，人の操作に基づいて汎用のセンシングデータを複数同時処理することを基本にするが，スマートフォンは加速度を含め，様々なアプリケーションで活用できる多様なセンサーを標準で持つことから，実験対象の操作端末として用いた。ただし，本格利用時には，次々と登場する新しい機器を用いることも念頭にある。

一方，プラットフォームとしては，Wifiを用いて受信，集約されるセンシングデータを，AP（システム中のアプリケーション対応部分を以下APと略する）に必要な形でリアルタイムに提供する。

3.1 課題

これらを実現するためにその主要な課題として以下に着目した。アプローチとしての具体的な処理については次章で述べる。

(1) 複数スマートフォンの同時接続とセンシングデータのリアルタイム取得

どの端末も操作に遅れがでないことが必要

(2) 多様なAPで利用しやすいセンシングデータの抽出と最適化

値の範囲および精度がAPに適していること

(3) センシングデータを利用APに関わらず利用できるように送信するスマートフォンのソフトウェア

(4) 利用者が，操作とその結果を実感できる，直感性を実現するAPタスクと操作内容のマッピング

直感性を基本にゲームとして成立させること

加速度センサーを一人の操作者すなわち1台の端末を利用し，体感的なゲームを開発している例もあるが[3]，本研究では複数同時接続で端末の利用により複数の人が同時に参加できるAPを制作している。

4. プロトタイプシステム

上述の構成により，プロトタイプシステムを構築し，提案コンセプトの検証を行った。

4.1 ハードウェア構成

プロトタイプシステムは，3～4台のスマートフォンとサーバーとなるPCおよびPCモニターを用いて構築した。

実験システムの外観を図3，4に示す。

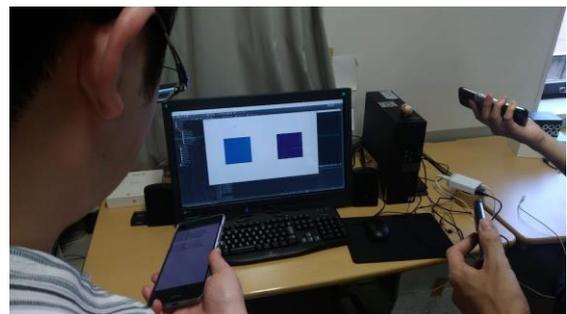


図3 システムの外観



図4 複数人で操作している様子

4.2 システム構成

プロトタイプシステムのシステム構成図を図5、処理の流れを図6に示す。

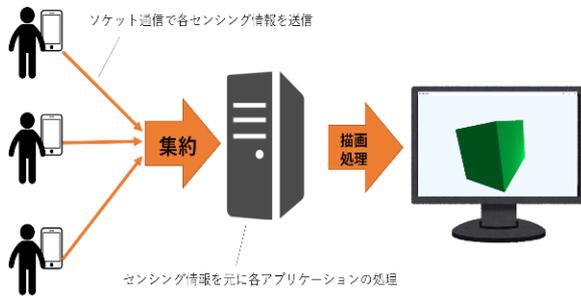


図5 ハードウェアの構成図

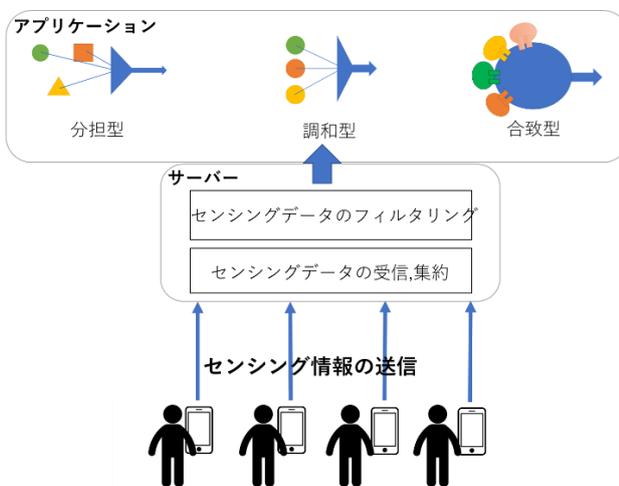


図6 処理の流れ

(1) センシングデータの受信, 集約

リアルタイム処理を実現するためにスマートフォンはサーバーへ加速度センシングデータを送信し続ける。複数の端末から同時にデータを受信, 集約処理をするためにサーバーはポート番号でスマートフォンを識別し, 端末毎の接続を管理する。処理は端末間で遅れが生じないようにマルチスレッドで行った。

(2) センシングデータのフィルタリング

x 軸, y 軸, z 軸に沿った加速度およびピッチ, ヨー, ロールの各軸回りの回転加速度計 6 つの加速度情報が常にサーバーへ送信されている。アプリケーションによっては 6 つすべての情報を使用しないのでサーバー側でフィルタを設け, アプリケーション毎に使いたい情報だけを選ぶと同時にさらに値の最適化を行う。

(3) アプリケーション

● 分担型：立体変形ゲーム

立体の回転, 大きさ, 色の 3 要素を 3 人で役割を分担して制御し, 目標の図形を目指すゲームである (図 7)。

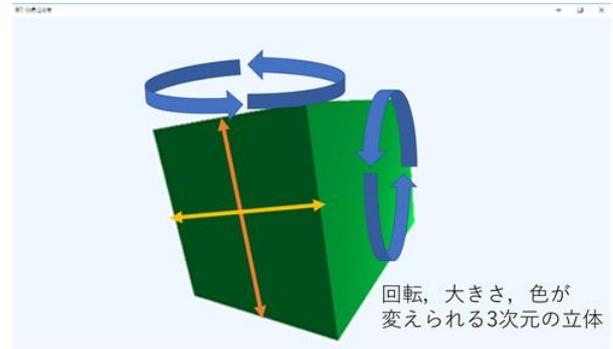


図7 立体変形ゲームの画面と操作

タスクとしては被験者に操作に対する応答性と操作に対する表示の変化への認識を確かめるものを作成し, 3分の制限時間内でどれほどの時間をかけてタスクを達成できるか検証した。以下が役割ごとの操作内容と機能である。

- 役割(1) スマートフォンのピッチ, ロールの変化に応じて立体が回転する。
- 役割(2) スマートフォンのピッチ, ロール, ヨーの変化に応じて立体の縦, 横の大きさが変化する。
- 役割(3) スマートフォンのピッチ, ロール, ヨーの変化に応じて立体の RGB が変化する。

役割の達成目標はそれぞれの役割の統合として見本の立体と同じものを作るとクリアの判定がされ, 正解音が再生される。

● 調和型：色合わせゲーム

画面に表示されている色を目指して, 3人でそれぞれ RGB 成分を操るゲームである。タスクとしては分担型と同じく操作に対する応答性と操作に対する表示の変化への認識を確かめるものを作成し, 3分の制限時間内でどれほどの時間をかけてタスクを達成できるか検証した。以下が機能の詳細と実際の動作画面である (図 8)。

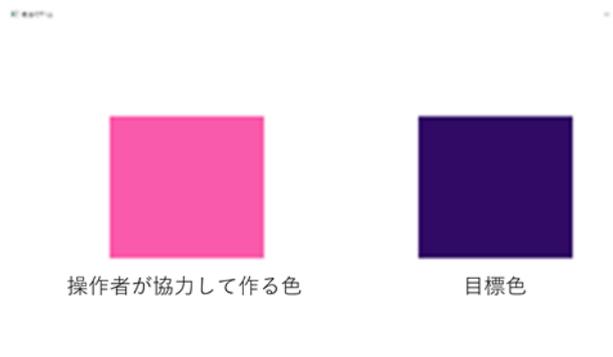


図8 色合わせゲームの画面と解説

3つの端末でそれぞれ R, G, B を変えることができ、スマートフォンのロールの変化に応じて RGB 値が変化する。全員の操作の統合として見本の色と同じものが完成すると正解の丸が表示される。

●合致型：反射ゲーム

飛んでくる玉を操作者が傾きをコントロールできる反射板を使用し、ゴールのエリアを目指すゲームである(図9)。



図9 反射ゲームの画面と解説

タスクとしては分担型と同じく操作に対する応答性と操作に対する表示の変化への認識を確かめるものを作成し、3分の制限時間内でどれほどの時間をかけてタスクを達成できるか検証した。以下が詳細な機能である

- 各スマートフォンのロールの変化に応じて反射板の角度が変化する。各操作者は、反射板の角度をうまく調整して来た玉を次に送る。
- 全反射板の条件がすべてしっかり合致し、ゴールのエリアへ玉が到着すると「ゴール」の文字を表示させ、ゴール

エリア内の色が緑色から赤色へ変化する。

5. 実験

作成した3つのAPを用いてシステムの応答性、操作者の操作に対する変化への認識を評価するために主観評価実験を行った。被験者は9人(20代の男性7人, 20代の女性2人)で実験を行った。分担型と調和型のシステムは3人1組, 合致型のシステムは4人1組で参加してもらった。実験後に被験者にはアンケートに回答してもらった。回答は5段階用意した。また、それぞれのゲームの目標を達成するまでの時間を測定し、実験のタスクがゲームとして成立しているかどうか検証を行った。ここでは3分を目安にし、目標を達成することが不可能な場合はゲームとして成立してないと見なす。実験内容と結果について以下に述べる。

5.1 実験方法

被験者にゲーム毎のルールを解説し、スマートフォンを動かすとどのようなことが起こるのか試しに動かしてもらって体感してもらった。その後3分間を制限時間とし、各アプリケーションを行ってもらった。

各実験後のアンケート調査項目を表1～3に示す。

分担型：立体変形ゲーム

表1 分担型の質問項目

	分担型
項目1	スマートフォンを動かしてから立体の回転や色、大きさの変化が起こるまでの時間に遅れを感じたか。
項目2	スマートフォンを動かしたときに立体の回転や色、大きさの変化を認識できたか。
項目3	自分のスマートフォンの動きが立体にどのような変化をもたらせていたか理解できたか。
項目4	スマートフォンをどの方向に動かすと立体がどのように変化していたか理解できたか。
項目5	操作しているときスマートフォンに持ちづらさを感じたか。

調和型：色合わせゲーム

表2 調和型の質問項目

調和型	
項目1	スマートフォンを動かしてから色の変化が起こるまでの時間に遅れを感じたか。
項目2	スマートフォンを動かしたときに色の変化を認識できたか。
項目3	自分のスマートフォンの動きが色にどのような変化をもたらせていたか理解できたか。
項目4	スマートフォンをどの方向に動かすと色がどのように変化していたか理解できたか。
項目5	操作しているときスマートフォンに持ちづらさを感じたか。

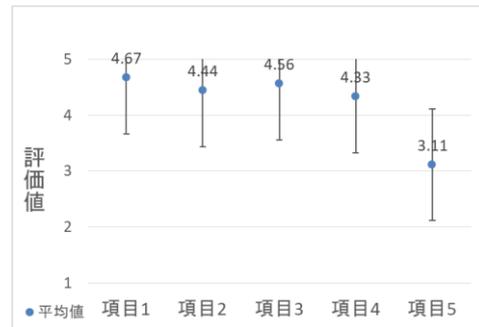


図1.1 調和型の結果

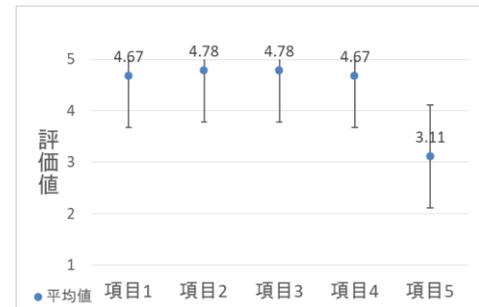


図1.2 合致型の結果

合致型：反射ゲーム

表3 合致型の質問項目

合致型	
項目1	スマートフォンを動かしてから棒が回転するまでの時間に遅れを感じたか。
項目2	スマートフォンを動かしたときに棒が回転するのを認識できたか。
項目3	自分のスマートフォンの動きが棒の回転へ変化をもたらせていることを理解できたか。
項目4	スマートフォンをどの方向に動かすと棒の回転がどのように変化していたか理解できたか。
項目5	操作しているときスマートフォンに持ちづらさを感じたか。

ゲームごとの平均目標達成時間は図1.3の通りになった。3分を制限時間としたため3分以内にクリアできなかったグループは達成時間を3分としている。

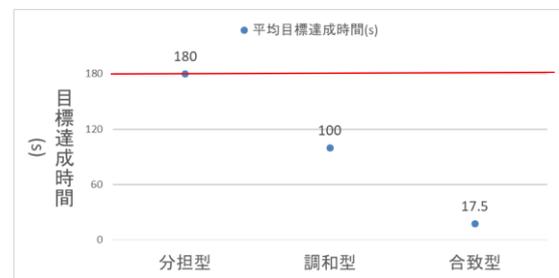


図1.3 システム毎の平均目標達成時間

5.2 実験結果

各実験による評価結果を図1.0～1.2に示す。

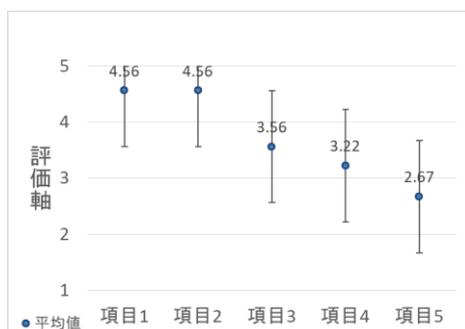


図1.0 分担型の結果

アンケートの自由記述には特に分担型のタスクについて操作が分かりづらい、思うように操作ができない等があった。

6. 考察

評価結果を見るとシステムの遅延、画面上でのシステムの動作、操作に関する評価は3つのアプリケーションとも高いことがわかる。また、実際のシステムの応答性も実測で分担型が 40.6m/sec、調和型が 41.2m/sec、合致型が 42.3m/sec となっており、門脇らが示す操作に対する視覚情報の遅れが許される 24.3m/sec～44.3m/sec をクリアし

ている[3]. このことからシステムの基本的動作には大きな問題がないと判断できる. しかし, 分担型立体変形ゲームでは項目 3, 4, 5 の評価が低いことがわかる.

スマートフォンのピッチの動きを立体の縦, ロールの動きが立体の横の大きさを変化させることは操作者にとって直感的でなく認識が困難であったことが原因と考えられる. さらに, 立体が回転した上で縦横の大きさを変化させる(図14)とどの辺がどの大きさ成分なのか混乱を引き起こしているためであると考えられる.

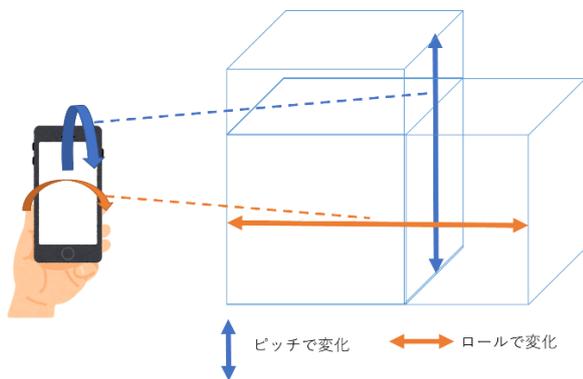


図14 スマートフォンの動きと立体の変化を表す図

また, 項目5において, スマートフォンが持ちづらい原因としては立体を回転させるために手首を捻りながらスマートフォンを保持するのは困難であったのだと考えられる.

目標達成時間に着目すると調和型, 合致型ではゲームが成り立っていることがわかる. しかし分担型は制限時間内に目標達成ができたグループが一組もいなかったので立体変形ゲームは成立しているとは言えず, 上述の考察の通り操作者間での干渉が生じており, 実験のタスクに問題があったと言える.

具体的には, 立体の回転と縦横の大きさの変化が同時に起こると問題が発生しているため, 分担型についてはタスクを見直して実験しなおす必要がある.

7. 結論

本研究では複数の汎用センシングデータを用いて多様なインタラクションを実現する方式の提案として分担型, 調和型, 合致型の3つを提案し, それぞれに対応するアプリケーションとして立体変形ゲーム, 色合わせゲーム, 反射

ゲームの3つを制作し, 操作のレスポンス, 画面上で起こっている変化への操作者の認識, アプリケーションの妥当性を検証する実験を行った.

実験からシステムの基本的な動作に関しては問題なく, 調和型と合致型に関するアプリケーションはインタラクションの方式として成り立つことがわかった.

一方, 分担型に関してはタスクを改善し, 新たな実験をすることが必要だとわかった.

本システムの将来的な応用の可能性としては, コンサートにおけるライブ演奏パフォーマンス, 多人数による合同のゲーム等でサーバー側の切り替えのみで状況をダイナミックに変えることができる等の展開が考えられる.

今後はさらに多人数に対して動作確認するとともに, 本方式ならではのアプリケーション開発にも取り組んでいきたい.

参考文献

- [1] Samuli Hemminki, Kai Zhao, Aaron Yi Ding, Martti Rannanjärvi, Sasu Tarkoma, Petteri Nurmi “CoSense: a collaborative sensing platform for mobile devices” ’13: Proceedings of the 11th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2013
- [2] 阿部 裕太, 白井 奎太, 根本 翔太, 串山 久美子 “加速度センサーを用いたインタラクティブな福笑いゲームの提案” インタラクション2018 論文集, pp759-762, 2018
- [3] 門脇拓也, 丸山三智佳, 早川智彦, 松澤直熙, 岩崎健一郎, 石川正俊 “身体感覚と視覚情報にずれが生じる没入環境における映像遅延のユーザーパフォーマンスへの影響に関する研究” 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 12B-1, 2018