

# 環境要因は参加型センシングの回答信頼性を低下させるか？

## - スマートフォンログに基づく分析 -

吉川 莉央<sup>1</sup> 松田 裕貴<sup>1,2,3</sup> 諏訪 博彦<sup>1,2</sup> 安本 慶一<sup>1,2</sup>

概要：スマートフォンやタブレット等のデバイスが爆発的に普及しているのを背景とし、ユーザ自身の端末を用いて周囲の環境情報をセンシングし共有する手法の一つである「参加型センシング」が注目されている。しかしながら、Web 調査において不良回答が多いことと同様に、参加型センシングにおいてもユーザは必ずしも正確な回答をするとは限らず、データの質がユーザに依存する問題が存在する。本研究では、参加型センシングにおける不良回答発生の原因が、タスクに対するユーザの態度だけでなく、ユーザを取り巻くストレスフルな環境要因（例えば、時間制約や騒音など）にもあると考えた。本稿では、ストレスの多い状況下と通常時において参加型センシングタスクの正答率や回答状況に違いがあるのかを調査した。その結果、雑音や歩行のストレスは、正答率を有意に下げ、歩行や時間制約によるストレスは、それぞれ回答時間を長く／短くさせることが確認された。また実験後に、ストレス環境条件が参加型センシングのタスクに及ぼす影響に関する、主観的評価アンケートを実施した。その結果、複数のストレス環境条件が組み合わさった場合には特に、ストレスがタスク回答に支障・影響を与えたといった結果が多く得られた。

## Does surrounding environment make worse reliability of responses in participatory sensing? – analysis of smartphone logs

RIO YOSHIKAWA<sup>1</sup> YUKI MATSUDA<sup>1,2,3</sup> HIROHIKO SUWA<sup>1,2</sup> KEIICHI YASUMOTO<sup>1,2</sup>

### 1. はじめに

センシング、コンピューティング、ネットワーク機能を備えたスマートフォンやタブレット等のデバイスは爆発的に普及している。このようなデバイスの普及は、ユーザ自身の端末を用いて周囲の環境情報をセンシングし共有する手法の一つである「参加型センシング」の実現に貢献している [1]。参加型センシングでは、一般のユーザが持つデバイスに組み込まれた GPS、カメラ、マイク、加速度センサ、ジャイロセンサなどを用いてセンサ情報を取得するため、センサの設置が不要かつ広範囲からデータの収集が可能であるといった利点がある。しかしながら、ユーザの持つスマートフォンをセンサとするために地域によってセンシング可能なデータ量が異なることや、ユーザは必ずしも

正確な回答をするとは限らないため、データの質がユーザ依存となるといった問題点が存在する。

参加型センシングにおけるデータの質を脅かす要因の一つとして、不良回答が挙げられる。不良回答は、人が与えられたタスクに対して適切な認知コストを払わない「Satisficing（努力の最小限化）」の観点から説明されることが多い [2]。Satisficing が発生する要因の一つとして、回答に際する協力者の態度が指摘されている [3]。後上らは、スマートフォンの画面操作と Satisficing の関係性を明らかにしている [4], [5]。

また、ユーザは環境要因（騒音、歩行状態など）とそれに付随する内的要因（ストレス、気分など）が組み合わさる様々な状況下でスマートフォンを使用しており、それらの要因はスマートフォンの操作に影響を及ぼす可能性が高いことが明らかとなっている [6]。

以上を踏まえると、ユーザが不良回答をする状況（回答信頼性を低下させる状況）に陥ってしまう背景には、協力者の態度・行動の変化だけではなく、ユーザを取り巻く環

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学

Nara Institute of Science and Technology

<sup>2</sup> 理化学研究所 革新知能統合研究センター (AIP), RIKEN AIP

<sup>3</sup> JST さきがけ, JST PRESTO

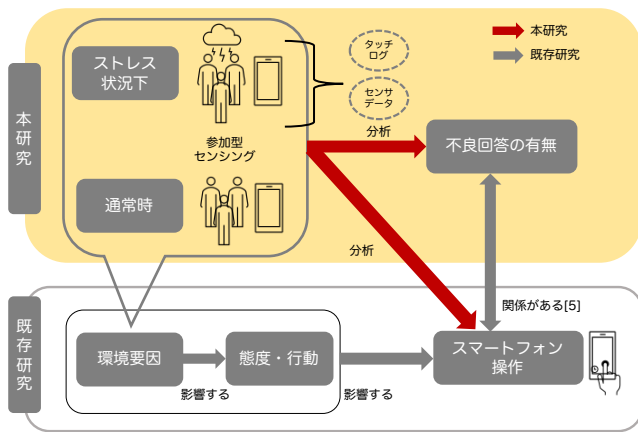


図 1 本研究の着眼点

境要因の影響があると考えられる (図 1)。

本研究では、環境要因が参加型センシングの回答信頼性に与える影響を調査することを目的としている。本稿では、環境要因のなかでも特に「ストレス状況」に着目し、回答信頼性との関係を調査する実験を行った。実験では、タスクを依頼するユーザにストレスを誘発する様々な環境を設定し、特定の参加型センシングタスク（人流に関する質問）を課した。この際の回答の信頼性を確認するために、タスクの回答の正誤を使用する。また、回答に対する協力者のストレス状況を把握するためのデータとしては、スマートフォンの内蔵センサーやタッチパネル操作ログから得られるデータ（スマートフォンログ）を用いた。これらのデータを元に、ストレスの多い状況下と通常時における不良回答発生状況の違いがあるのか、またスマートフォンログに違いが生じるのかについて分析した。その結果、雑音や歩行のストレスは、正答率を有意に下げることが分かった。また、歩行や時間制約によるストレスは、それぞれ回答時間を長く／短くさせることが確認された。

本稿の構成は次のとおりである。2章では、提案手法に関連した既存研究を概説する。3章では分析枠組み、4章では調査実験の設定について述べる。5章で実験結果および考察を行い、6章で本稿をまとめる。

## 2. 関連研究

アンケートや参加型センシングにおける質問に対する不良回答は、社会調査を行う上で分析結果を不当に歪める要因となる。これまでの研究では、特に Web 調査において不良回答者が多いことが指摘されている。不良回答は質問紙調査において最小限の努力で回答を済ませようとする態度 (Satisficing) によって生じるとされ、その態度の検出に関する研究が取り組まれてきた。これらの研究について、2.1 節で述べる。また、ユーザを取り巻くストレスなどの環境要因がユーザの行動に影響を与えることについても、同様に調査研究が行われているため 2.2 節にて述べる。これらの文献調査をもとに、2.3 節にて本研究の立ち位置を示す。

### 2.1 不良回答に関する研究

調査回答に際する不良回答を検出する手法には様々なものが提案されている中、三浦ら [3] は、努力の最小限化 (ARS) や、Directed Questions Scale (DQS) を用いて、不良回答検出手法を効率的かつ正確に検出する手法の探索を行った。ARS は、2つの下位尺度 (Inconsistency/Infrequency) からなる。Inconsistency は、意味は似ているが文章表現が異なる質問対に対する回答の差分を指標とするものであり、Infrequency は、常識的に誰もが選択すると想定される選択肢が存在する質問を設け、その想定選択肢と実際に選択された選択肢の差分を指標とする。しかしながら、各種検出指標の予測力は総じて高くなく、調査内容によっては回答環境や端末を制御する (例えば映像刺激を含む調査なら自宅から PC での回答を指示するなど) ことの方が重要であると述べられている。また、これらの指標はひっかけ問題と同様であるため、回答者へ疑心を向けることになるため回答者の心理的負荷を増加させ、結果として不良回答を発生させる可能性がある。

このように、これまで様々な不良回答を検出するための手法が検討されてきたが、検出手法を導入することによりユーザのタスクへのモチベーション低下が懸念されるため、タスク遂行を阻まない不良回答検出手法が求められる。

そこで、後上らは、スマートフォンの回答操作ログを記録し、ログデータから生成する操作特徴量に基づく不良回答検出手法により検出率の向上を試みた。回答操作ログからは、テキスト文字数、連続同一回答数、中間回答数といった既存研究で用いられていた特徴量に加え、スクロール速度、選択肢の変更回数、リカット形式の回答時間などを回答者個人のベースラインを考慮した特徴量が不良回答検出に寄与することを示した。この結果は、スマートフォンの回答操作ログにおいて他の特徴量が不良回答検出の精度向上に寄与する可能性があることも示唆する。

### 2.2 ストレスが人の行動に与える影響に関する研究

行動学および心理学の分野では、様々な要因におけるストレスが人間の日常生活に及ぼす影響の研究が多くなされてきた。モバイルインタラクション中においてもストレスは影響を及ぼす可能性が高い要因として特定されている [7]。

Sarsenbayeva ら [6] は、Trier Social Stress Test (TSST) を用いて参加者にストレスを誘発し、3つの一般的なモバイルインタラクションタスク (ターゲット獲得、視覚検索、テキスト入力) におけるパフォーマンスに対するストレスの影響を調査した。ストレス誘発時には、ターゲット獲得タスク中のターゲットへのアクセス時間と精度、および視覚検索タスク中の完了時間はベースラインと比較して有意に減少することを示した。Davide ら [8] は、人間のストレスレベルを測定するためのアプローチとして、非侵襲的に

デバイスからデータ(タッチ操作, タッチ精度, タッチ強度, タッチ時間, ユーザの移動量, 加速度)を取得し, ストレスのない環境とストレスの影響を受ける環境(デバイスの振動, 大音量で不快な音, デバイスの予期しない動作)でのタスク実行時の結果を比較した. 結果, ストレスは加速度, タッチの最大・平均強度, ユーザの移動量及び認知能力に影響を及ぼすことが示された. また, schildbachら[9]は, 歩きながら携帯電話を操作する人が増加していることを背景に着目した. モバイルインタラクションにおける重要な環境要因となり得る歩行が, タスク(ターゲット獲得, テキスト読み取り)に負の影響を与えることを示した.

### 2.3 本研究の立ち位置

従来の不良回答に関する研究は, 与えられたタスクに対する人の態度に着目したものが中心となっているが, 外界からのストレス(環境要因)の影響は考慮されていない. 本研究で取り扱う参加型センシングにおいては, 回答の正確性が人の態度だけでなく環境要因にも強く影響を受けることが想定される. そこで, 本稿では参加型センシングのタスク実行時にユーザにストレスを誘発させることで, 環境要因が参加型センシングの回答に及ぼす影響を調査する.

## 3. 分析枠組み

### 3.1 概要

本実験では, 環境要因が参加型センシングに及ぼす影響を調査するために, 下記に示す複数のストレス環境をユーザに与えた際に, 回答の質や回答行動がどのように変化するかについて分析することを目的とする. なお, 参加型センシングシナリオとしては, 「歩道を徒歩で移動中のユーザに, 目視で確認できる道路を歩行している人々に関する情報を回答するタスクを依頼する」という状況を想定したタスクをユーザに課すこととした. 以降では, 実験の分析枠組みの詳細について述べる.

### 3.2 ストレス環境条件の設定

本実験では, 3種類の異なるストレス項目(時間制約がある中での回答, 雑音が聞こえる環境下での回答, 歩きながらでの回答)の組み合わせからなる8種類のストレス環境条件を設定した. これらのストレス環境条件は, 限られた時間で回答する状況, 都市における人混みなど騒音が多い状況, 移動している最中にタスクが依頼される状況など, 実際の参加型センシングにおける状況を想定して設定した. 詳細を以下に示す.

#### ■ 時間制約によるストレス

一般に, 時間制約はあらゆるタスクをこなす上でのストレスになることが知られている. 参加型センシングでは, 赤信号での待ち時間や人との待ち合わせ場所での待機時間といった僅かな時間において, 刻一刻と変わる街の状況

(本稿での想定シナリオでは道路を歩行する人の情報)を観測し報告することが求められるため, 時間的な制約が厳しいと考えられる. このことから, 時間制約を1つ目のストレス項目として取り入れる.

#### ■ 雑音によるストレス

関連研究[10]より, 都市騒音は参加者に否定的に認識されており, 多くの参加者が騒音により気が散るとコメントしており, タスクパフォーマンスに悪影響を及ぼすことが指摘されている. 参加型センシングでは, ユーザはタスクを実施している間, 絶え間なく街の喧騒やその他不快な雑音に晒され続ける状況が想定される. このことから, 雑音(今回は都市の喧騒)を2つ目のストレス項目として取り入れる.

#### ■ 体動(歩行)によるストレス

関連研究[9]より, モバイルデバイスを使ったインタラクションの際, タスク(ターゲット獲得, テキスト読み取り)に歩行がパフォーマンスに悪影響を及ぼすことが示されている. 本稿で想定している参加型センシングシナリオにおいては, ユーザは徒歩で移動中であることから, 移動とタスクを同時にこなすことが考えられる. このことから, 歩行を3つ目のストレス項目として取り入れる.

### 3.3 評価指標

実際の参加型センシングにおいても使える指標として, デバイスから得られる非侵襲的なデータを評価指標として用いる.

#### ■ タスク正答率

本実験においては与えるタスクは一意に正解が定まる問題を設定しているため, タスク正答率は回答信頼性に直結する指標といえる. 本研究では, 与えられるストレス環境条件によって, タスク正答率が変化すると仮説を立てた.

#### ■ 回答時間

関連研究[6]より, ストレスを感じたユーザはタスクを急ぐことが示されてされており, タスクを急いだ結果タスク遂行パフォーマンスを低下させることが明らかとなっている. 本研究では, 与えられるストレス環境条件によって, 回答時間が変化すると仮説を立てた.

#### ■ 加速度・角加速度(ユーザの動き)

デバイスに内蔵された加速度センサ・ジャイロセンサから得られるデータを用いて, ユーザが参加型センシングにおけるタスク中にどれほど動いているか, どのように動いているかを解析し, ストレス環境条件がユーザの動きに与える影響について分析する. 関連研究[8]では, ストレスを感じたユーザはより多く移動したり, 突発的に移動する傾向があることが示されていることから, 本研究では, 与えられるストレス環境条件によって, ユーザの動きが変化する(加速度・角加速度データのばらつきなどが変化する)と仮説を立てた.

表 1 使用したデバイス一覧

デバイス名	スペック・機能
	iOS 14.2
スマートフォン (iPhone 11)	6.1 インチタッチ画面 (1792×828px) 加速度センサ (100Hz) ジャイロセンサ (100Hz)
大型モニタ	42 インチ
スピーカー (BOSE Companion 20)	30W

## ■ 画面操作

タスク回答中のスマートフォンの画面操作ログ（シングルタップ、ダブルタップ、ダブルタップのそれぞれのタッチ座標等）を取得し、ストレス環境条件が画面操作に与える影響について分析する。関連研究 [8] より、ターゲット獲得タスクにおいてストレスを感じたユーザのタッチ精度に減少傾向が示されていることから、本研究では、与えられるストレス環境条件によって、アプリケーション内での操作に違いが現れると仮説を立てた。

## 4. 調査実験

### 4.1 実験概要

定義した分析枠組みに基づいて、高校生・大学院生の男女 20 名（年齢：15 歳～24 歳，性別：男性 19 名・女性 1 名）を参加者として実験を行った。なお、本研究は奈良先端科学技術大学院大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を受け、書面により本人から実験参加の同意を得た後に実施した（承認番号：2020-I-16）。

本実験は、本来想定すべき屋外環境においては、実験条件を揃えることが難しい（タスクの難易度を変更できない）、与えるストレス環境条件が一部制御できない（雑音を排除できない）といった問題が生じる。そこで、屋内環境に仮想的な環境を構築し実験を行うこととした。実験環境としては、大学内の窓のない実験室（21m<sup>2</sup>）を使用した。観測対象である街の群集画像を大型モニタ上に表示するとともに、スピーカーによって任意に都市地域の騒音を流せる環境を構築した（実験環境の様子を図 2 に示す）。実験に使用した機材の詳細を表 1 に示す。

なお、実験に用いる群衆画像には、CityStreet: Multi-View Crowd Counting Dataset [11], [12], [13] から 24 枚の写真を選択し用いた。その一例を図 3 に示す。

具体的なタスク内容は、分析枠組みの参加型センシングシナリオの設定に従い次の通り設定した。なお、これら 3 つの質問はランダムな順序にて提示され、また質問文の一部（「⇔」で示す部分）がランダムで提示される。

- 何人の人が写真に写っていますか？
- 「右」⇔「左」方向に歩いている人は何人居ますか？
- 横断歩道「を」⇔「以外を」歩いている人は何人居ますか？

与えるストレス環境条件は、分析枠組みで設定した 3 種



図 2 実験環境の様子



図 3 実験に用いた群集画像の例 [11], [12], [13]

表 2 ストレス環境条件

パターン	時間制約	雑音	歩行
パターン 0	✓	✓	✓
パターン 1	✓	✓	-
パターン 2	✓	-	✓
パターン 3	✓	-	-
パターン 4	-	✓	✓
パターン 5	-	✓	-
パターン 6	-	-	✓
パターン 7	-	-	-

類の異なるストレス項目（時間制約・雑音・歩行）の有無の組み合わせによる  $2^3 = 8$  パターンを 1 セットとして提示した（表 2）。時間制約は上記の質問をぎりぎり回答可能な時間を予め調査し、1 問につき 10 秒と設定した。歩行は、大型モニタを常に見られるようにするため、モニタの目の前で足踏みを行うことで実際の歩行の再現をした。なお、順序効果を避けるためにこれらのストレス環境条件はランダムな順序で参加者に提示した。

## 4.2 実験手順

実験手順を以下に示す。実験時間は、事前説明を含め参加者一人あたり合計約 30 分であった。

### 手順 1) 参加者への事前説明

実験室内入室後、まず参加者への事前説明を行なう。研究概要と研究目的の説明後、参加者に研究への参加への同意書に著明してもらう。次に、実験で使用するアプリケーション（以降、実験アプリ）の操作説明を行なった後、操作に慣れてもらうため、タスク実施手順を実験アプリ上で一度試してもらう。最後に、参加者に誘発するストレスの種類の説明を行なう。

### 手順 2) タスクの実施

実験アプリで指示される参加型センシングタスクを実施する。実験アプリ上での操作手順を図 4 および以下に示す。

- (A) パターン表示ボタンを押すと、画面 (B) に遷移する。パターンの順序リセットや参加者ごとの識別子であるユーザ ID 設定もこの画面で行う。
- (B) 今回の試行における、ストレス環境条件が表示される。ストレス環境条件確認後、Start ボタンを押すと実験が開始され、3 秒後にスマートフォン上で実験アプリからの通知が来る。
- (C) 通知メッセージをタップすることで画面 (D) に遷移する。
- (D-F) タスク回答画面。時間制約がある時は時間制約（残り時間）が赤色の数値として表示される。Submit ボタンを押すことで回答を提出、次画面へ遷移する。3 つのタスクに回答したら画面 (G) のダイアログが表示される。
- (G) タスク完了ダイアログが表示され、実験が終了する。OK ボタンを押すことで、画面 (A) に遷移する。

### 手順 3) クールダウン

直前のストレス環境条件の影響を防ぐため、手順 2) が終了後 3 分間の休憩時間を設ける。

### 手順 4) 繰り返し

手順 2) ~ 手順 3) を繰り返す。本実験では、8 パターンのストレス環境条件 × 3 セット、合計 24 回試行する。

### 手順 5) 事後アンケート

全ての試行が終了した後、ストレス環境条件が参加型センシングのタスクに及ぼす影響についての主観的評価を行ってもらうために、事後アンケートを実施する。

## 5. 実験結果

本章では、ストレスが参加型センシング参加者に与える影響についての結果を、回答内容やスマートフォンログから示す。

表 3 各パターンの正答率と回答時間

	ストレス			正答率		回答時間	
	時	音	歩	平均	標準偏差	平均	標準偏差
パターン 0	✓	✓	✓	0.667	0.149	17.767	2.575
パターン 1	✓	✓	-	0.672	0.127	16.450	2.375
パターン 2	✓	-	✓	0.656	0.101	17.150	2.443
パターン 3	✓	-	-	0.711	0.122	16.400	2.205
パターン 4	-	✓	✓	0.617	0.142	18.050	2.249
パターン 5	-	✓	-	0.667	0.140	17.150	2.775
パターン 6	-	-	✓	0.706	0.116	17.083	2.205
パターン 7	-	-	-	0.706	0.136	17.417	2.189

### 5.1 評価指標に対する分析結果

本節では、評価指標に対する分析結果について述べる。なお、本稿では、正答率と回答時間の結果のみ扱う。

三種類のストレス項目による影響を検証するために、各評価指標に対し 3 要因の分散分析を行う。そのためにまず、全 480 データ (8 パターン × 20 人 × 3 回) を、各パターン、各被験者で平均し、8 パターン × 20 人の 160 データに集約する。その後、三種類のストレス項目（雑音、歩行、時間制約）の有無に基づいて 3 要因の分散分析を実施している。正答率と回答時間の各パターンにおける平均値をそれぞれ、表 3 に示す

分散分析の結果、正答率については、雑音と歩行によるストレスに対して主効果 (10% 有意傾向) を確認している。また、交互作用はいずれも確認されなかった。これらの結果は、雑音と歩行によるストレスによって、正答率に差異が生じることを示している。すなわち、雑音や歩行のストレスは、正答率を下げることを明らかにしている。

また、回答時間については、歩行に対して主効果 (5% 有意)、時間制約に対して主効果 (10% 有意傾向) を確認している。さらに雑音 × 歩行において交互作用 (10% 有意傾向) を確認している。そのため、雑音の有無における歩行の単純主効果の検定を実施した。その結果、雑音によるストレスがある場合、歩行によるストレスの有無が回答時間に有意差 (1% 有意) を生じさせることを確認している。

これらの結果は、歩行と時間制約によるストレスによって、回答時間に差異が生じることを示している。すなわち歩行や時間制約によるストレスには、それぞれ回答時間を長く／短くさせることを明らかにしている。加えて、雑音 × 歩行に対する単純主効果の検定結果から、雑音によるストレスがある場合、歩行によるストレスが、回答時間を長くすることを明らかにしている。

### 5.2 事後アンケート（主観評価）による分析結果

実験参加者に回答してもらった事後アンケートの結果を表 4 に示す。選択肢は、各回答に対する回答者数を表している。また、全く支障・影響がなかったを 1、とても支障・影響があったを 4 とし、全回答者の回答を平均した値をスコアとして示している。スコアが高いほど、ストレス環

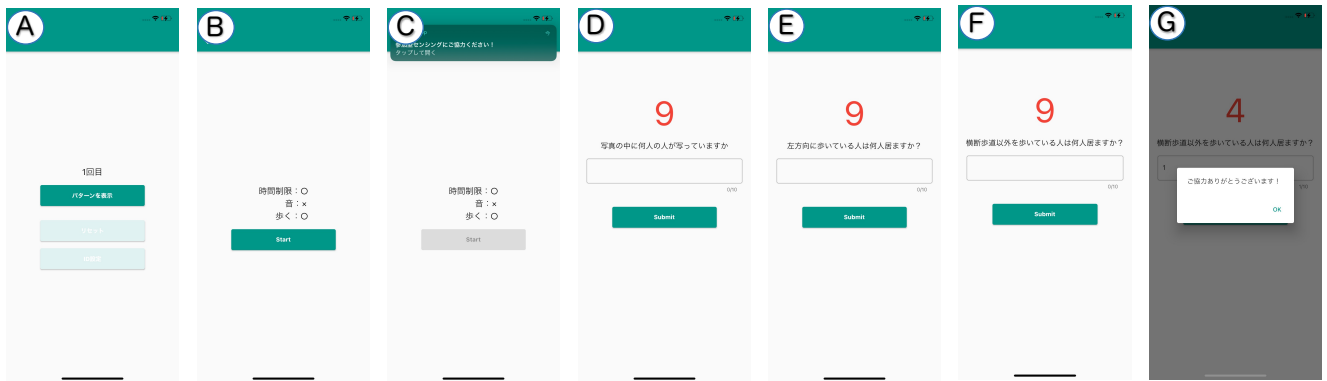


図 4 実験アプリのインターフェースと操作手順

境条件が回答に支障・影響を与えていることを示している。

結果として、すべてのストレスがあるパターン0，時間制約と騒音によるストレスがあるパターン1，時間制約と歩行によるストレスがあるパターン2において，それぞれ3.4，3.0，2.9と高いスコアを確認している。また，ストレス環境条件が緩和されることで，スコアが下がっていることが確認できる。

また，パターン0から7のそれぞれに対し「なぜそう思いましたか?」という質問を行った。得られた回答の一部を以下に示す。

- パターン0 (時間制約あり・雑音あり・歩行あり)
  - 音はあまり影響を感じなかった。歩行は視線の移動が増えるため支障に感じた。時間制約はもう少し短いと焦ったかもしれない。
  - 時間制約，音，歩行全てに注意する必要があるため
  - 音があると少し気が散る感じがした。歩きながらだと視界が揺れるので少し人数のカウントがしづらかった。
- パターン1 (時間制約あり・雑音あり・歩行なし)
  - 音ありで集中力を阻害されている中で時間制約があり切迫したため
  - 時間制約で焦りを感じた。音ありはいい気分ではなかった
  - 多い人数を数える時時間制約があると慌ててしまったため。音はそんなに気にならなかった。
- パターン2 (時間制約あり・雑音なし・歩行あり)
  - 視線の移動で少し時間をとるので，僅かに影響があると思った
  - 多い人数を数える時時間制約があると慌ててしまったため。歩きの動作は入ってもあまり気にならなかった。
  - 焦る，ディスプレイが見にくい
- パターン3 (時間制約あり・雑音なし・歩行なし)
  - 音なし，歩きなしなので，時間制約がある中でも落ち着いて回答できた。

- 比較的回答時間には余裕があり，回答への集中をかき乱されるほどではなかった。
- 数える人数が少ないときは気にならなかったが人数が多いときは慌ててしまったため
- パターン4 (時間制約なし・雑音あり・歩行あり)
  - 音と歩きだと体と脳の両方を使う感じがした
  - 音があるとたとえ時間制約がなくても何人数えているのか頭の中でわからなくなってきたため。ただ，歩いていても影響にはなっていなかった。
- パターン5 (時間制約なし・雑音あり・歩行なし)
  - 音があると何人数えたのかわからなくなってくるため。
  - 時間制約がないため落ち着いて人数を数えることができたため。音はあってもあまり気にならなかった。
- パターン6 (時間制約なし・雑音なし・歩行あり)
  - 動いている以外の制約はなかったので，焦りを感じなかった。
  - 時間制約がないため落ち着いて人数を数えることができたため。歩きの動作が入ってもあまり影響はなかったと思う。
- パターン7 (時間制約なし・雑音なし・歩行なし)
  - 遮るものがなくて，丁寧に解答できたから
  - 全く制約がなかったので，心身的な余裕が一番あるように感じた

全体として，複数のストレス環境条件が重なった場合に，回答に集中することが難しかったという意見が得られた。それぞれのストレス環境条件に着目すると，時間制約は，数える人数が少ないときには気にならなかったが，多いときには焦ったという意見が多々あった。騒音に関しては，集中力を阻害されていると感じるため，回答に使用・影響を及ぼすというコメントが得られた。また，歩行によるストレスについては，実験環境であるため安全に配慮されており，普段よりは気にならなかったというコメントが得られた。今後の実験においては，安全な障害物を用意するなど，工夫したい。

表 4 実験後アンケート結果（このストレス環境条件は、回答に支障・影響を与えましたか？）

	ストレス			選択肢				平均スコア
	時	音	歩	全く 支障・影響が なかった (1)	あまり 支障・影響が なかった (2)	少し 支障・影響が あった (3)	とても 支障・影響が あった (4)	
パターン 0	✓	✓	✓	0 (00.0%)	1 (05.0%)	11 (55.0%)	8 (40.0%)	3.4
パターン 1	✓	✓	-	1 (05.0%)	1 (05.0%)	15 (75.0%)	3 (15.0%)	3.0
パターン 2	✓	-	✓	0 (00.0%)	4 (20.0%)	14 (70.0%)	2 (10.0%)	2.9
パターン 3	✓	-	-	3 (15.0%)	8 (40.0%)	8 (40.0%)	1 (5.0%)	2.4
パターン 4	-	✓	✓	3 (15.0%)	8 (40.0%)	8 (40.0%)	1 (5.0%)	2.4
パターン 5	-	✓	-	9 (45.0%)	6 (30.0%)	5 (25.0%)	0 (00.0%)	1.8
パターン 6	-	-	✓	6 (30.0%)	10 (50.0%)	3 (15.0%)	1 (5.0%)	2.0
パターン 7	-	-	-	20 (100.0%)	0 (00.0%)	0 (00.0%)	0 (00.0%)	1.0

## 6. おわりに

本研究では、環境要因が参加型センシングの回答信頼性に与える影響を調査することを目的とし、参加型センシングのタスク実行時にユーザにストレスを誘発させることで、環境要因が参加型センシングの回答に及ぼす影響調査を行なった。その結果、雑音や歩行のストレスが正答率を有意に下げること、歩行や時間制約によるストレスがそれぞれ回答時間を長く／短くさせることを明らかにした。

また、ストレス環境条件が参加型センシングのタスクに及ぼす影響について実験後に主観的評価を行った結果、複数のストレス環境条件が組み合わさった場合にタスク回答に支障・影響を与えると感じることを明らかにしている。

本実験により、室内の安全な実験環境においても、ストレスが正答率や回答時間に影響を与えることが明らかになったことから、実際の参加型センシングにおいてはより多くのストレスをユーザが感じる可能性があると考えられる。今後は、実環境に近いシナリオで実験を行うことでこの仮説を検証したい。

謝辞 本研究の一部は、JST さきがけ (JPMJPR2039) の助成を受けて行われたものです。

## 参考文献

[1] Jeffrey A Burke, Deborah Estrin, Mark Hansen, Andrew Parker, Nithya Ramanathan, Sasank Reddy, and Mani B Srivastava. Participatory sensing. 2006.  
 [2] Jon A Krosnick. Response strategies for coping with the cognitive demands of attitude measures in surveys. *Applied cognitive psychology*, Vol. 5, No. 3, pp. 213–236, 1991.

[3] 麻子三浦, 哲郎小林. オンライン調査における努力の最小限化 (satisfice) 傾向の比較: Imc 違反率を指標として. *メディア・情報・コミュニケーション研究*, Vol. 1, , 2016.  
 [4] 後上正樹, 松田裕貴, 荒川豊, 安本慶一. オンラインアンケートにおける不適切回答自動検出に向けた回答操作ログ分析. 第 13 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM '21), pp. 1–7, 2021.  
 [5] Masaki Gogami, Yuki Matsuda, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. Detection of careless responses in online surveys using answering behavior on smartphone. *IEEE Access*, Vol. 9, pp. 53205–53218, 2021.  
 [6] Zhanna Sarsenbayeva, Niels van Berkel, Danula Hettichachchi, Weiwei Jiang, Tilman Dingler, Eduardo Velloso, Vassilis Kostakos, and Jorge Goncalves. Measuring the effects of stress on mobile interaction. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 3, No. 1, pp. 1–18, 2019.  
 [7] Zhanna Sarsenbayeva, Niels van Berkel, Chu Luo, Vassilis Kostakos, and Jorge Goncalves. Challenges of situational impairments during interaction with mobile devices. In *Proceedings of the 29th Australian Conference on Computer-Human Interaction*, pp. 477–481, 2017.  
 [8] Davide Carneiro, José Carlos Castillo, Paulo Novais, Antonio Fernández-Caballero, and José Neves. Multimodal behavioral analysis for non-invasive stress detection. *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, No. 18, pp. 13376–13389, 2012.  
 [9] Bastian Schildbach and Enrico Rukzio. Investigating selection and reading performance on a mobile phone while walking. In *Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, pp. 93–102, 2010.  
 [10] Zhanna Sarsenbayeva, Niels van Berkel, Eduardo Velloso, Vassilis Kostakos, and Jorge Goncalves. Effect of distinct ambient noise types on mobile interaction. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 2, No. 2, pp. 1–23, 2018.  
 [11] Qi Zhang and Antoni B Chan. Wide-area crowd count-

ing via ground-plane density maps and multi-view fusion cnns. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 8297–8306, 2019.

- [12] Qi Zhang and Antoni B Chan. Wide-area crowd counting: Multi-view fusion networks for counting in large scenes. In <https://arxiv.org/abs/2012.00946>, 2020.
- [13] Qi Zhang and Antoni B Chan. Wide-area crowd counting via ground-plane density maps and multi-view fusion cnns. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, p. 8297–8306, 2019.