# 行動への集中と通知内容の重要度に基づくスマートフォン通知手法の研究

土井 祐介[1]　井上 創造[1]

**概要**：近年通知の最適化の研究が盛んにおこなわれている．IoT 技術の発達やスマートフォンの普及に伴って，人々が触れる情報量は膨大になった．多くの情報に触れるため，人々の興味を惹く技術がますます重要になってきている．特に，携帯端末を用いた通知が盛んにおこなわれ，人々の行動を中断させる原因となっている [1][2]．これを解決すべく，中断の影響が少ないタイミングを調査する研究と，中断の影響が少ない通知内容を調査する研究が盛んにおこなわれている．しかし，通知内容とタイミングを同時に考慮した研究は少ない．本研究では通知の重要度や行動への集中の強さが行動の変わり目においても有用な指標となるか研究を行う．
本研究では不明瞭であった行動への集中度合いの明確な定義を与え，行動への集中度合いを考慮し，通知内容を重要度によって制限するアルゴリズムを制作した．このアルゴリズムを用いる場合と重要度を考慮しない場合の，それぞれの通知システムを制作し，提案手法の妥当性を比較評価した．作製したシステムを大学生 10 名に 96 時間連続で利用してもらったところ，アンケート調査で良いタイミングだったという回答の割合が 28.18% 高くなった．これにより，通知の重要度を考慮した通知を行う手法が行動の遷移においても有用であることを示した．
本研究によって，通知内容を考慮した操作を行うことで，既存手法では無視されていた通知タイミングを利用できることを示した．携帯端末を用いた通知の改善の可能性が示された．

# Study of Notification Methods with Smartphones Based on Notification Urgency and Concentration for Activities

Yusuke DOI[1]　Sozo INOUE[1]

## 1. はじめに

**[背景と目的]** 近年通知の最適化の研究が盛んに行われている．現在，携帯端末を用いた通知が盛んに行われており，人々の行動を中断させる原因となっている．通知の中断を起こす性質を押さえ，人々の興味を惹く技術がますます重要になってきている．本研究では通知の重要度や行動への集中の強さが行動の変わり目においても有用な指標となるか研究を行う．

**[関連研究]** リビングルームにおける通知の研究では，行動中のカップルに対し，行動への集中，他者とのやり取り，行動の重要性の強さと通知内容の重要性が通知の受け取りやすさに関わるかの研究が行われた [3]．この研究により，行動中の通知の受け取りやすさには，通知内容の重要度が大きく影響し，次点に行動への集中が影響することがわかった．また，このほかに行動の最中ではなく，行動の変わり目に通知を行うことが有効であると示す文献がある [4]．

**[手法]** 本研究では行動が変化するタイミングにおいて，通知の重要度と行動への集中を考慮した通知の決定アルゴリズムを提案する。アルゴリズムは，人間行動が変化する時点において， 変化直前の行動と変化直後の行動の組を入力とし， 行動への集中の強さによって，重要度が高い通知のみに制限を行う．システムは Android のアプリケーションとして制作し，アルゴリズムと通知内容，アンケート調査の実装を持つ．行動推定には EneAct サーバを利用している [5]．行動への集中の変化を取り扱うために，行動へ

[1] 九州工業大学

© 2018 Information Processing Society of Japan

の集中の変化を数値化し，数式を用いて定義した．既存の手法と比較して，通知内容を制限する点に特筆すべき点がある．

[実験] 通知内容を制限することで，受け取ってもらえない通知量が減少する効果が期待される．そこで，通知の操作が行われた割合を調べることで通知の受け取り率の調査を行う．また，通知研究一般の目的である通知の受け取りやすさが向上したか，アンケートによって調査する．提案手法である，行動の組み合わせによって通知内容を制限する場合と，制限がない場合とを比較し，受け取られなかった通知割合の変化に着目する．上で述べた分析を，4 日間にわたる 96 時間連続でのシステム利用によって行う．制作したシステムを日常生活で使用してもらい，実用においても提案手法が有用であるか調査する．

[分析と考察] 通知タイミングのみを操作するのではなく，行動への集中度合いと通知内容を考慮した操作を行うことで，既存手法では無視されていた通知タイミングを利用できる可能性がある．今後の課題としてアンケート調査に頼らない，行動への集中の強さや通知の重要度の推定手法が求められる．これにより利用者の負担が減り，利用しやすい通知システムの制作ができると考える．

## 2. 関連研究

### 2.1 通知内容と行動への集中

Vastenburg らは通知を行うタイミング（以後通知タイミングと呼ぶ）と通知内容の重要度と行動への集中の関係性を指摘した [3]．ここで，行動への集中とは，行動の社交性，行動への集中量，行動の重要度などを統合的評価したものを指す．通知の重要度は，Vastenburg らが既知の通知から選択した 15 種に，それぞれ高中低の重要度を与えたものを用いている．同研究では通知は行動を行っている最中に出し，アンケート調査を行うことで関係を主張している．同研究の結果，通知内容と通知のタイミングの良し悪しには有意な関係があるとわかった．すなわち，重要度の高い通知はどのようなタイミングでも受け取られやすく，逆に重要度の低い通知は多くの場合受け取られにくいことを示した．アンケート結果の分析からは通知内容の重要度や，行動への集中は，個人ごとに大まかには一致するものの個人差が見られることを示した．特に重要度については，一般に重要度が低い通知が，人によって重要度が高いと受け取られる可能性があることを指摘している．

ここから，通知タイミングの決定には，通知内容の重要度と行動への集中が有意に使用できることが伺える．また，通知内容の重要度は行動への集中と比較して優勢な特徴であり，より重視するべき特徴であると言える．通知の重要度は個々人によって調節することで最適な通知を行えると考えるが，Vastenburg らが予め与えた，通知の重要度とアンケート調査での通知の重要度には有意な違いが見られないことから，注意深く公平に決定することで一意に決定できると考えられる．

### 2.2 通知タイミングと人間行動

大越らの研究はリアルタイム行動認識技術を用いて，通知タイミングの操作を行い，大衆による実験を行った [4]．大越らの先行研究により通知を行動の最中でなく，行動の変化するタイミングで行うことで，通知の操作を行う割合が上昇することが指摘されている．実験の結果，そのまま通知するものと比べて 49% 通知を操作するまでにかかる時間が短縮されることがわかった．また，この粒度で通知した際には行動の変化では組み合わせによって良し悪しが変化し，その変化は概ね行動への集中の変化に負の比例関係があると指摘した．その中でも特に，立っている状態に変化したときに通知することで，通知の操作を行う割合が向上することを指摘した．しかし，3 番目に操作した割合が高い行動の組み合わせは，立っている状態から乗り物に乗った状態であり，行動への集中が上昇していることも指摘している．

ここから，行動の変化の方向は通知の操作割合に有意な影響を及ぼすことがわかる．立っている状態から乗り物に乗った状態への変化において，行動への集中の変化に逆らった結果が得られた点に関しては，行動への集中の変化のモデルが悪いのではないかと考える．この実験における行動への集中の変化は，筆者が定めた単純な上下関係にある．2.1 節で確認したように，行動への集中には個人差があり，モデル作成者における行動への集中と一般的な行動への集中の変化の程度が異なる場合が存在する．今回は筆者が車に乗っている状態を高い行動への集中の変化としたことに対して，通知の可否が，車に乗った直後や停車後の，安全に携帯を操作できる時間に集中したことで予測と異なる結果になったと考えられる．すなわち，行動への集中の推測は困難であるため，統計量に基づく決定を行う必要があることが示唆される．

### 2.3 行動認識

行動認識手法について，井上らが開発した行動認識サービス EneAct では，機械学習にランダムフォレスト法を用いた行動の分析と予測を行っている [5]．井上らの手法の利点は，過去の行動ラベルの出現傾向に着目し，センサデータがなくとも人間の行動を予測できる点と，サーバ上で行動の推定まで行うため，ユーザ端末側ではセンサデータの収集のみの実行で消費電力が抑えられる点である．また，一般的な行動認識手法と比較して特徴的な点として，行動の推定モデルの生成を行ってモデルを長時間利用するのではなく，行動認識を行うたびに行動の推定モデルを再生成する点が挙げられる．更に，EneAct は個人ごとに別々に学習を行うため，行動認識における個人差を考慮する特徴

© 2018 Information Processing Society of Japan

がある．

同じく井上らが開発する Android 用行動ラベル収集アプリケーション InuLog を用いて EneAct を利用した場合では，freetel priori2 FT142A-Pr2-WH 3G のスマートフォンが満充電の状態から約 24 時間利用できる．一般に業務を推定するには 24 時間の連続使用に耐える必要がある．なぜなら一般向けの携帯は，充電を切らさないよう利用者が充電してくれるが，業務の合間はそのような時間がなく，業務中は連続使用するためである．

これらの特徴を踏まえ，本研究の行動推定システムとして EneAct を利用することを決定した．

**表 1** Eneact サーバ構成

| | |
|---|---|
| OS | Ubuntu 14.04 |
| CPU | Intel(R) Core(TM) i5-4460 CPU @ 3.20GHz |
| Memory | 4096GB @ 1.6GHz × 2 |
| GPU | NVIDIA Corporation GF119 [GeForce GT 610] |

## 3. 提案手法

行動が遷移する時点において，行動への集中の遷移に合わせた重要度の通知を出す手法を提案する．

### 3.1 アルゴリズム

この節では，提案手法となる，行動の遷移から通知の集合を選択する最も基礎となる考え方を示し，数学的表現で表すことによって，プログラムに使用できることを示す．

通知を受ける者の行動が変化する時点において，変化直前の行動と変化直後の行動の組を入力とする．前提として通知が高，中，低の値を取る重要度を持っているとき，入力である行動の変化の組から行動への集中の変化を計算し，変化に対応する通知の重要度をもつ通知の集合を選択するアルゴリズムを提案する．

ここで，行動への集中の変化と通知できる通知の集合の組み合わせは表 2 のように定義する．行動への集中が減少する場合は，全ての通知が許可される．行動への集中の変化が乏しい，変化小にあたる場合は，重要度が高のものと中のものから通知が許可される．行動への集中が増加する場合は，重要度が高の通知が許可される．このアルゴリズムによってプログラム上で明示的に行動への集中と内容の重要度を取り扱える．

**表 2** 行動への集中の変化と重要度の組み合わせ

| 行動への集中の遷移 | 許可される通知の重要度 |
|---|---|
| 下降 | 高，中，低 |
| 変化小 | 高，中 |
| 上昇 | 高 |

行動への集中によって通知内容を変化させることで，既存手法では受け取ってもらいづらいとされる，行動への集中が上昇する場合においても，通知の受け取りやすさが向上すると考える．

最後に数式を用いて改めて表現する．まずこのアルゴリズムを表す関数 $f$ の定義域と終域を示す．ただし行動の集合を $\boldsymbol{A}$，通知の集合を $\boldsymbol{M}$ とする．

$$f : \boldsymbol{A} \times \boldsymbol{A} \to 2^{\boldsymbol{M}} \tag{1}$$

次にこの関数 $f$ の定義を示す．通知の重要度 $e$ を通知 $m$ と通知の重要度の高，中，低を表す整数 $2, 1, 0$ を用いて定義する．

$$e(m) \in \{0, 1, 2\}$$

次に，行動への集中の遷移 $h$ を行動 $a_1$，$a_2$ に依存した式として表す．$h$ の定義についてはこの時点では与えていない．本研究においての行動への集中の計算手法と $h$ の定義は後述する．

$$h(a_1, a_2) = \begin{cases} -1 & (\text{行動への集中が下降}) \\ 0 & (\text{行動への集中が変化小}) \\ 1 & (\text{行動への集中が上昇}) \end{cases}$$

これらを組み合わせて，関数 $f$ は次のように表される．

$$f(a_1, a_2) = \begin{cases} \{m \in \boldsymbol{M}, e(m) \in \{0, 1, 2\}\} & (h(a_1, a_2) = -1) \\ \{m \in \boldsymbol{M}, e(m) \in \{1, 2\}\} & (h(a_1, a_2) = 0) \\ \{m \in \boldsymbol{M}, e(m) \in \{2\}\} & (h(a_1, a_2) = 1) \end{cases}$$

また，この定義から明らかに，通知の重要度が高の通知は常に $f(a_1, a_2)$ に含まれており，通知の重要度が低のものは行動への集中が下降する $h(a_1, a_2) = -1$ の時のみ $f(a_1, a_2)$ に含まれる．

### 3.2 行動への集中の変化モデル

関連研究では行動への集中の変化について明確な定義が定まっていない．また，単純な上下関係では，重要度が中である通知の扱いができない．この節では行動への集中の変化の表し方を 2 種あげ，妥当性を評価する．

行動への集中の変化を表す手法には次の二種が考えられる．

- 通知の遷移の組ごとに行動への集中の変化を定義する
- 通知ごとに行動への集中の値を設定し，その変化量から変化を定義する

前者の遷移の組ごとに行動への集中の変化を定義する手法では，行動数 $n$ に対して $n^2 - n$ 個の定義が必要となる．更に，行動がひとつ増えた際には，増えた後の行動数 $n$ に対して $2 \times (n-1)$ 個の組に定義を加える必要性がある．行動の種類は利用者の状況の変化により増減する可能性があ

© 2018 Information Processing Society of Japan

り，この条件は現実的でない．

対して，後者の通知ごとに行動への集中の値を設定し，その変化量から変化を定義する手法では，行動ごとに値を設定することで変化を定義する．行動数 $n$ に対して $n$ 個のパラメータ設定でよく，行動がひとつ増えても対応する行動への集中をひとつ割り当てれば良い．前者と比べると変化の表現の自由度が下がっているが，今までに用いられていた行動への集中の指標である単純な上下関係を過不足なく表現できるため，十分な表現力があるといえる．

この研究では後者の通知ごとに行動への集中の値を設定し，その変化量から変化を定義する手法を取る．

### 3.3 行動への集中の変化の定義

妥当性のある行動への集中の変化のモデルを用いて，必要となる行動への集中の定義や新たなパラメータを導入し，行動への集中の変化を定義する．

行動への集中の変化を，行動に与えられた行動への集中の減算によって与える．ある行動 $a$ のもつ行動への集中を $d(a)$ と定義する．行動が変化する時点において，変化直前の行動を $a_{\mathrm{before}}$，変化直後の行動を $a_{\mathrm{after}}$ とすると，行動への集中の変化量 $\Delta d$ は次のように定義される．

$$\Delta d(a_{\mathrm{before}}, a_{\mathrm{after}}) = d(a_{\mathrm{after}}) - d(a_{\mathrm{before}})$$

この変化量を 3 つの領域に分けるため，変化小とみなす正の実数の閾値 $t$ を用いて行動の変化 $h$ を定義する．

$$h(a_1, a_2) = \begin{cases} -1 & (\Delta d(a_1, a_2) & < & -t) \\ 0 & (|\Delta d(a_1, a_2)| & \leq & t) \\ 1 & (t & < & \Delta d(a_1, a_2)) \end{cases}$$

$h(a_1, a_2) = -1$ は行動への集中の変化が下降であることを表す．同様に $h(a_1, a_2) = 0$ は行動への集中の変化が変化小であることを，$h(a_1, a_2) = 1$ は行動への集中の変化が上昇であることを表す．

この表現において次の両式を満たすとき，従来の単純な上下関係にある行動への集中の関係を表すことができる．

$$(\forall a_1 \in \boldsymbol{A})(\forall a_2 \in \boldsymbol{A} - \{a_1\})\ D(a_1) \neq D(a_2)$$

$$T = 0$$

この提案によって，行動への集中の変化を数式によって表せるとともに，今まで上昇下降のみ取り扱っていた行動への集中の変化に，変化なしを取り入れられる．

## 4. 手法の評価

実際の環境における手法の効果を調べる．実験には総じて Android 端末を用いる．Android 端末を用いて，EneAct を用いた行動認識をもとに通知を行うシステムを制作し，ランダムな内容を通知するシステムと提案手法を組み込んだシステム両方を大学生 10 名に利用してもらう実験を行う．評価はアンケート調査によって行い，通知が良いタイミングで行われたか，そうでないタイミングであったかを調査する．ランダムな通知のシステムと提案手法を用いたシステムの比較や，行動ごとの特徴などに着目した分析を行うことで，課題が達成されたかを調査する．

### 4.1 目的

アンケート調査によって，通知の重要度を考慮した通知が，被通知者へどのような影響を及ぼしたのか調査する．

通知全体におけるアンケートの回答率から，通知に反応しやすいタイミングで送信できたかを分析する．これによってシステムが行動が変化するときに通知できているかを判断する．また，回答内容からは通知タイミングの良し悪しを分析する．送信している通知前後の行動と，通知の操作が実際に行われたかどうかを調べることで，行動への集中が上昇するときの通知の操作に対する影響を分析する．行動への集中が上昇するときに操作が増えていれば，提案手法によって有効な通知を送信できているといえる．

### 4.2 期待される結果

本研究の目的は，行動への集中が高まる場合においても，従来より高い受け取りやすさを達成することである．ランダムな通知のシステムと提案手法を用いたシステムでは，行動への集中が下降するときには同等の結果を，上昇するときには提案手法のほうが受け取りやすいという結果が出ると予想される．

### 4.3 手順

大学生 10 人に作製したシステムを利用してもらい，通知が行われる度にアンケート調査を行う．実験協力者に提案手法を用いた通知を行うシステム NyaLog をインストールした Android 端末を，行動推定サーバ EneAct にログインした状態で配布し，NyaLog の操作手順と通知の操作の方法およびアンケートの質問と回答方法について説明した後に，1 日 24 時間連続に 4 日間の，計 96 時間実験を行う．この実験では，実際の生活の中で使用してもらうことで，実用性の有無を調査する．

実験参加者は 2 つに区分される．一つは提案手法によって制限された通知を受け取るグループである．もう一つは提案手法を用いず，用意された通知のすべてを常に受け取る可能性があるグループである．これらの区分は参加者には通知せず，用いているシステムがどちらのものか判別がつかないようにしている．

### 4.4 システム概要

24 時間以上連続した通知を行うため，井上らの開発した EneAct を行動認識器として利用し，InuLog を拡張して新

© 2018 Information Processing Society of Japan

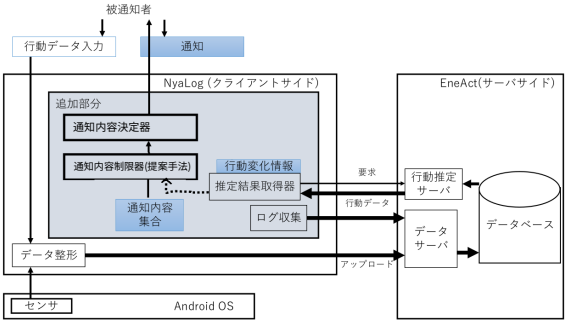


**図 1**　通知実験に用いる提案手法を用いたシステムの構成概要図

たに制作した NyaLog を用いて通知を行うシステムを構築した．

NyaLog は InuLog に通知機能を持たせたもので，通知の内容やタイミングに関して，提案手法とその他手法を端末上で変更できる機能が追加された Android ソフトウェアである．基となった InuLog は Android に搭載されたセンサデータと被通知者が入力した現在の行動を表す行動ラベルデータを，EneAct のデータ収集 API へ送信する機能を有する Android ソフトウェアである．

EneAct に送信されたデータはデータベースに一度貯められ，推定サーバが一定時間ごとにデータを引き出して行動認識を行う．推定後は REST WebAPI を用いて行動認識の結果を引き出せる．

システム構成図は図 1 に示す．追加部分と示された領域が拡張した機能に当たる．

NyaLog は HTTP GET リクエストを用いて推定された行動を破線に示すように取得する．通知の変化をイベントとして，実線で示す順に通知が加工され，ユーザに通知が行われる．

#### 4.4.1　ランダムな通知のシステム

ランダムな通知のシステムは図 2 に示される構成をしている．提案手法と比較して，通知内容に制限をかけるモジュールを排し，すべての通知内容からランダムに通知が選択されるようになっている．

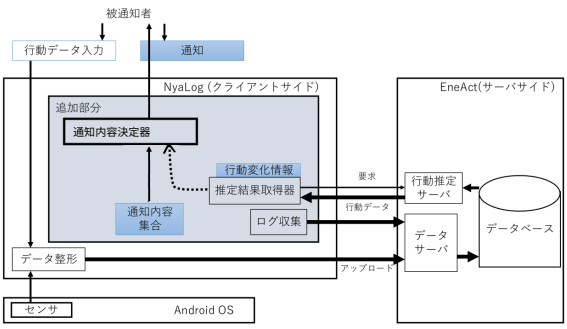


**図 2**　通知実験に用いるランダムな通知を行うシステムの構成概要図

すなわち，提案手法と比較するシステムは，通知内容のみが異なり，通知タイミングの推定方法や使用方法等はすべて同一である．

#### 4.4.2　通知の種類

研究室の大学生を対象とした実験であるため，研究室にあるとよい通知を選別した．

通知内容は研究室の大学生 5 名に，「研究室での生活で通知してほしいことを複数挙げてください」というアンケート調査を行い，その回答をまとめ，似通ったものなどを整理した．その後，同じ 5 名に「次の通知のメッセージを重要だと考える通知の順番に並び替えてください」というアンケート調査を行い通知の重要度を決定した．通知の重要度は，得られた各通知メッセージの順位の平均値を算出し，低い方から 5 件を重要度低，残りの低い方から 5 件を重要度中，残りの 5 件を重要度高とした．

その結果表 3 のように通知内容が決定された．

**表 3**　通知内容の一覧

| 通知メッセージ | 重要度 |
|---|---|
| 予定の準備は万端ですか? | 高 |
| 作業のメモは十分ですか? | 高 |
| 歩きながらの行動には注意です | 高 |
| 薬を飲み忘れていませんか? | 高 |
| 話し合いのメモはしっかりと | 高 |
| 休憩時間は決めておくと良いそうです | 中 |
| 作業に無理はないですか? | 中 |
| 歩きスマホしてませんか? | 中 |
| 隙間時間の活用が良いですよ | 中 |
| 食後は効率が落ちがちです | 中 |
| いつまで休むか確認しましょう | 低 |
| 作業に集中するには深呼吸が良いそうです | 低 |
| 健康志向ですね。頑張りましょう | 低 |
| 気合いを入れて頑張りましょう | 低 |
| 落ち着いたところで作業しましょう | 低 |

英語圏の人物も実験に参加したため，上記の通知を英語に翻訳した通知セットも作成した．

#### 4.4.3　行動の種類

行動の種類は Nattaya Mairittha らが研究室の大学生を対象とした実験 [6] から，大越らの研究 [4] に用いられたラベルと同様と考えられるものを選択して用いた．これらの行動の種類は学生の行動に特化した行動の種類を選定したものであり，EneAct での利用実績がある．また，協力者の学生のうち半数はこの行動の種類で InuLog を利用したことがある人物であり，関連研究と同じラベルにすることで，行動ラベル入力に戸惑わずに通知の効果を確認できると考えた．

行動への集中を筆者の主観によって与えたものを表 4 に示す．提案手法に必要な行動が変化していないとみなす閾値 $T$ は 10 と定めた．

© 2018 Information Processing Society of Japan

表 4　行動の一覧

| 記号 | 行動名 | 集中度合い |
|---|---|---|
| $A_1$ | Bicycling | 65 |
| $A_2$ | Take vehicle | 60 |
| $A_3$ | Walk | 50 |
| $A_4$ | Standing still | 30 |
| $A_5$ | Relaxing | 25 |

#### 4.4.4　アンケート調査手法

通知は Android notification を用いて行っている．通知についてのアンケートを，通知を送信する度に行うために通知の操作の機能を用いる．アンケートによって通知が受け取りやすかったかどうかを判断するため，良いに対応する選択肢「Now」と悪いに対応する選択肢「Not now」を用意する．アンケートにはただ次のように記載している．

- Now
- Not now

これは，スマートフォンの画面が小さく，アンケートの質問事項を記載できなかったためである．このためアンケートの協力要請時に，「通知が良いタイミングであったら「Now」を，悪いタイミングであったら「Not now」を押してください．どうしても対応できないタイミングであれば通知を無視しても構いません」と伝えてアンケート調査を行う．

このアンケート調査では，通知する前の行動，通知後の行動，通知を行った時間，アンケートに回答を行った時間，選択した回答をサーバに送信している．アンケート調査の質問事項は時間に関してのみであるが，通知への反応速度やどの行動に対して有利であったかなどの調査を行う．

### 4.5　結果

#### 4.5.1　目視通知実験

通知数は全日を通して，提案手法を用いたシステムでは 60 件の通知が行われ，ランダムな通知のシステムでは 52 件の通知が行われた．

#### 4.5.2　通知の操作の割合

通知の操作が行われた通知数は表 5 にまとめる．通知の操作が行われた割合は提案手法を用いたシステムが 75.00%，ランダムな通知のシステムが 88.00% であった．

提案手法を用いたシステムのほうが通知の操作が行われていない割合が高い．ここから，提案手法を用いたシステムは，通知を確認できないタイミングで通知を行ったと推察される．しかし，通知を出すタイミングの条件は両システムとも同一であるため，個人差や誤差が大きく出たものと考えられる．

表 5　通知の操作割合

| 通知手法 | 全通知数 | 操作された通知数 | 割合 |
|---|---|---|---|
| 提案手法 | 60 | 45 | 75.00% |
| ランダム | 52 | 44 | 88.00% |

#### 4.5.3　アンケート調査結果

アンケート調査の結果を，表 6 にまとめる．ここで P は Positive の意であり，アンケートにおける「Now」を示している．同様に N は Negative の意であり，アンケートにおける「Not now」を示している．通知タイミングが良かったことを示す「Now」の回答割合について，提案手法を用いたシステムでは 60.00% であり，ランダムな通知のシステムでは 31.82% であった．

アンケートの回答から，提案手法を用いたシステムは通知内容を考慮しない場合と比較して，28.18% 良いと評価されている．

表 6　アンケート調査結果

| 通知手法 | 全回答数 | P 回答数 | N 回答数 | P 比率 |
|---|---|---|---|---|
| 提案手法 | 45 | 27 | 18 | 60.00% |
| ランダム | 44 | 14 | 30 | 31.82% |

#### 4.5.4　行動の変化ごとの結果

行動の組み合わせ・通知数・操作された通知，「P」の回答数をまとめる．行動の組み合わせと全通知数について表 7 にまとめ，そのうち，操作されたものだけについてを表 8 にまとめる．また，行動ごとの詳細な情報を 9 にまとめる．最後に，行動への集中の変化に着目してまとめた結果を 10 にまとめる．

表 7　行動の変化の組み合わせと全通知数

| | | 変化後の行動 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ |
| 変化前の行動 | $A_1$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $A_2$ | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | $A_3$ | 0 | 5 | 14 | 5 | 0 |
| | $A_4$ | 4 | 3 | 8 | 15 | 0 |
| | $A_5$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 8　行動の変化の組み合わせと操作通知数

| | | 変化後の行動 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ |
| 変化前の行動 | $A_1$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $A_2$ | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | $A_3$ | 0 | 2 | 11 | 4 | 0 |
| | $A_4$ | 3 | 3 | 6 | 13 | 0 |
| | $A_5$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 7 より，行動の遷移には大きく偏りがあることがわかる．また，行動を 5 種用意したが，実際には 4 種のみが用いられている．これは実験期間中に誰もこれら以外の行動を行ったと推定されなかったことを示している．この点は本研究に影響を及ぼしていないと考える．とある行動が多く出現するのは一般的なことであり，かつ，「Standing still」は移動していない状態を表しているため，多くラベ

© 2018 Information Processing Society of Japan

表 9　行動の変化ごとの通知の操作割合とアンケート結果

| 変化前/後 | 種類 | 通知数 | 操作数 | P 回答数 | P 回答率 |
|---|---|---|---|---|---|
| $A_2$ / $A_2$ | 変化小 | 3 | 1 | 1 | 100.00% |
| $A_2$ / $A_3$ | 下降 | 2 | 1 | 0 | 0.00% |
| $A_2$ / $A_4$ | 下降 | 1 | 1 | 0 | 0.00% |
| $A_3$ / $A_2$ | 上昇 | 3 | 2 | 1 | 50.00% |
| $A_3$ / $A_3$ | 変化小 | 14 | 11 | 8 | 72.73% |
| $A_3$ / $A_4$ | 下降 | 5 | 4 | 2 | 50.00% |
| $A_4$ / $A_1$ | 上昇 | 4 | 3 | 1 | 33.33% |
| $A_4$ / $A_2$ | 上昇 | 3 | 3 | 3 | 100.00% |
| $A_4$ / $A_3$ | 上昇 | 3 | 3 | 3 | 100.00% |
| $A_4$ / $A_4$ | 変化小 | 15 | 13 | 8 | 61.15% |

表 10　行動への集中の変化とアンケート結果

| 種類 | 通知数 | 操作数 | 操作割合 | P 回答数 | P 回答率 |
|---|---|---|---|---|---|
| 下降 | 8 | 6 | 75.00% | 2 | 33.33% |
| 変化小 | 32 | 25 | 78.13% | 17 | 68.00% |
| 上昇 | 13 | 11 | 84.62% | 8 | 72.73% |

ルが入力されるのは必至であるためである．現実に即した実験を行ったことで，このようなデータとなったと言える．

表 10 より，行動への集中の変化と通知の操作の関係性について，通知の操作割合も Positive な回答の割合も，どちらも行動への集中の変化が高まるにつれて，数値が上がっている．特に Positive な回答は，行動への集中の変化が下降の際には 33.33% であるが，上昇する際には 72.73% となっている．

事前の予想と異なり，回答率や Positive の回答率が，行動への集中の変化が下降のときより上昇するときのほうが高くなっている．これは，関連研究とは大きく異なる結果である．行動推定の精度の問題や，事前のパラメータ決定における誤差が出た可能性もある．たとえば，本研究ではパラメータ決定は複数人の関与によって公正さを得ようとしたが，人間の直感と真値が反していた可能性が考えられる．

## 5. 考察

既存手法では有用でないとされた行動の度合いが上昇する際の通知に対して，筆者は通知の重要度と被通知者の行動への集中度合いを考慮した通知を行うアルゴリズムを提案し，これを用いたシステムを制作した．このシステムでは，ランダムな通知のシステムと比較して，行動への集中が高まるときに良いタイミングだったという回答の割合が 28.18% 高くなった．本研究によって行動の度合いが上昇する際の通知に，通知内容の重要度を考慮することが有用であることが示された．

本研究は，通知の内容と行動の度合いを考慮することで，通知の受け取りに効果を及ぼすことを示す目的で行った．このため，パラメータの決定手法が実験協力者のみからの統計に基づいている．パラメータの決定手法や実装手法には改良の余地があり，改善することで更に高い効果を得られると考えられる．今後は提案するアルゴリズムをプログラムに実装する具体案の考案や，パラメータの決定手法の比較検討が課題といえる．パラメータは個人差などの影響も考えられるため，機械学習を用いてパラメータを推定するシステムが特に有効であると考える．

### 5.0.1 先行研究との比較

Vastenburg らの研究と比較すると，本研究では行動の変わり目に通知を行ったことで，全体的に受け取りやすさが向上している．この変更には新しく必要になる情報はないため，同研究成果と単純に組み合わせることが可能である．

大越らの研究と比較すると，本研究では通知内容を考慮したことで，行動への集中度合いが上昇するときにも，有用な通知を行えている．同研究では，通知の内容を他のアプリケーションが生成しているため，本研究では予め設定した通知の重要度を決める手法が必要となる．これは今後の課題としたい．

また，どちらの研究にもないものとして，行動への集中の新たな定義を設け，システム上で扱う指標を与えた．本研究では関連研究にならい，行動への集中度をアンケート調査によって決定したが，本研究によってシステムに扱える定義を与えたことで，機械学習によって最適化を行う余地が生じたと考える．

## 6. まとめ

本研究では，通知内容とタイミングを同時に考慮し，通知の重要度や行動への集中の強さが行動の変わり目においても有用な指標となるか研究を行った．

既存手法では有用でないとされた行動の度合いが上昇する際の通知に対して，不明瞭であった行動への集中の変化の明確な定義を与え，被通知者の行動への集中の変化をもとに，通知の重要度によって通知を分け，行動への集中の変化によって，出す通知に制限を与えた．

作製したシステムを大学生 10 名に 96 時間連続で利用してもらったところ，提案手法を用いたシステムは，ランダムな通知のシステムと比較して，アンケート調査で良いタイミングだったという回答の割合が 28.18% 高くなった．本研究によって行動の度合いが上昇する際の通知が有用となることを示した．

本研究によって，通知タイミングのみを操作するのではなく，通知内容を考慮した通知を行うことで，既存手法では無視されていた通知タイミングを利用できることを示した．

### 参考文献

[1] Cutrell, Ed and Czerwinski, Mary and Horvitz, Eric. Notification, Disruption, and Memory: Effects of Messaging Interruptions on Memory and Performance. Human-

© 2018 Information Processing Society of Japan

Computer Interaction–Interact '01. 2001, 263 - 269.
[2] Cutrell, Edward B. and Czerwinski, Mary and Horvitz, Eric. Effects of Instant Messaging Interruptions on Computing Tasks. CHI '00 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. 2000, 2, 99–100.
[3] Martijn H Vastenburg, David V Keyson and Huib de Ridder. Considerate home notification systems: A user study of acceptability of notifications in a living-room laboratory. International Journal of Human-Computer Studies. 2009, 67, 9, 814 - 826.
[4] T. Okoshi and K. Tsubouchi and M. Taji and T. Ichikawa and H. Tokuda. Attention and engagement-awareness in the wild: A large-scale study with adaptive notifications. 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom). 2017, 100-110.
[5] Sozo Inoue and Naonori Ueda and Yasunobu Nohara and Naoki Nakashima. Recognizing and Understanding Nursing Activities for a Whole Day with a Big Datase. Journal of Information Processing. 2016, 24, 6, 853 - 866.
[6] Nattaya Mairittha and Sozo Inoue. Exploring the Challenges of Gamification in Mobile Activity Recognition. SOFT 九州支部学術講演会. 2017, ,19, ,1, 47-50.

© 2018 Information Processing Society of Japan