

妊産婦を対象に IoHT を活用した健康行動の変容 － Be-TWINKLE study より－

曹蓮 ^{†1}

株式会社 KDDI 総合研究所

多屋優人 ^{†2}

株式会社 KDDI 総合研究所

坂本優子 ^{†3}

順天堂大学医学部附属練馬病院

本田由佳 ^{†4}

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

福田小百合 ^{†5}

産科婦人科館出張 佐藤病院

佐藤雄一 ^{†6}

産科婦人科館出張 佐藤病院

中澤仁 ^{†7}

慶應義塾大学環境情報学部

概要

妊娠中の健康管理は女性自身の健康のみならず、胎児の正常な発育や安全な出産など、生まれてくる子どもへの影響も大きい。そして、産婦の健康状態は赤ちゃんへの愛着や順調な育児生活を保障する基盤でもある。しかし、妊産婦の健康維持・増進のためのヘルスケアサービスが足りず、妊産婦の生活に適したもの（随時利用できるもの、負担が低いもの、信頼性があるもの）が求められている。そこで、本研究では妊産婦の健康増進に特化したスマートフォンアプリ（TEKUTECH）を開発し、妊産婦の健康維持・増進のための態度・行動に変容が生じるのかを検証した。具体的には、65名の妊産婦を対象に妊娠中期ごろから産後1ヵ月まで約20～23週間にかけて、スマートフォンアプリを用いて健康増進のための生活習慣アドバイスを与え、妊産婦の屋内外の歩行行動、日光浴、栄養摂取などの変容について検証した。本稿では開発したアプリの機能、およびそれを用いた実験全体の設計、収集したデータ種類について紹介し、最後に、アプリを使った参加者の感想評価について述べる。

1. はじめに

本研究は、妊産婦の健康増進のための Internet of Health Things (IoHT) を活用した行動変容モデルの有効性を検討する研究である。本プロジェクトは慶應義塾大学（以下、「慶大」とする）を研究代表とし、順天堂大学医学部附属練

馬病院（以下、「順天堂練馬病院」とする）、株式会社 KDDI 総合研究所（以下、「KDDI 総合研究所」とする）、国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター（以下、「環境研」とする）、産科婦人科館出張佐藤病院（以下、「佐藤病院」とする）の多機関共同研究で実施されている。プロジェクト名称は「Be-TWINKLE study」（BEhavior change by TrustWorthy informatino using INternet of health things from Keio sfc for Ladies Expecting babies）である。

1.1. 妊産婦の健康問題

妊娠中の健康管理は女性自身の健康のみならず、胎児の正常な発育や安全な出産など、生まれてくる子どもへの影響も大きい。近年、妊娠に伴う妊娠糖尿病や妊娠高血圧の発症率、また出生時の体重が2500g未満の低出生体重児の割合などが増え、その要因として、妊娠前や妊娠時の肥満ややせ、栄養の偏り、運動不足など健康管理問題との関連が指摘されている。

まず、妊婦の健康と胎児の発育を守るため、妊娠前や妊娠時の栄養管理が重要である。例えば、妊娠前のやせや妊娠時の体重増加不良は、低出生体重児のリスクを高めることが指摘され [1][2]、健康な食生活や胎児の発育に影響する栄養素（例えば、葉酸、ビタミン A、D）などについての適切な情報提供や栄養教育が必要とされている。

次に、健全で合併症を伴わない妊婦の場合、運動が母体および胎児にとって安全であることを明らかにした研究結果が増え、妊娠中にも運動を続けることへの関心が高まっている。妊娠中の運動の効果として、理想な体重の保持（糖尿病の発症予防、血圧のコントロール）、妊娠中の微症状の軽減（腰痛、頭痛、倦怠感、しびれ、むくみ、静脈瘤など）、安産傾向（骨盤底筋のリラックス体得、呼吸法の体得、分娩時間の短縮）、精神面での自信と安定（ストレス発散、爽快感、マタニティーブルー予防）などが挙げられ [3]、妊婦の適切な運動は心身ともに大きな効果が期待できる。

さらに、近年、新生児や乳児のビタミン D 欠乏によるく

Changing walking behavior using IoHT for primigravida: From the Be-TWINKLE study

^{†1} LIAN CAO, KDDI Research, Inc

^{†2} MASATO TAYA, KDDI Research, Inc

^{†3} YUKO SAKAMOTO, Juntendo University Hospital

^{†4} YUKA HONDA, Keio University Graduate School of Media Design

^{†5} SAYURI HUKUDA, Sato Hospital

^{†6} YUICHI SATO, Sato Hospital

^{†7} JIN NAKAZAWA, Keio University Faculty of Environment of Information Studies

る病の危険性が指摘され、妊婦や赤ちゃんへの日光浴効果が検討されている [4]。ビタミン D の欠乏の原因として、妊娠中のビタミン D 摂取量の不足や日々の日焼け対策が原因であると指摘されている [5][6]。その予防としては、妊娠中や授乳中のビタミン D 摂取量の確保や適度な日光浴、また、乳児にも日光浴させることが勧められている [4][6]。一方、過剰摂取や日焼けなどを予防するために、妊産婦の生活状況や環境にあった適切な介入やセルフケアが必要である。

1.2. 妊産婦のセルフケア

上述の妊産婦の健康問題の改善を巡り、近年、スマートフォンアプリの開発とそれをういた研究が増えている。例えば、やせ型妊婦や肥満型妊産婦の健康管理を目的とした AI 健康アドバイスアプリ「カロママプラス」をういた介入研究が行われている [7]。また、妊娠中の肥満女性を対象に、アプリを通してアドバイスを行う介入研究では、栄養素の摂取量が減少している [8]。特に、低出生体重児の増加や妊産婦のうつ傾向の増加などを背景に、妊産婦の心身へのサポートが益々重要視されている。そこで、本研究では妊婦の健康行動（歩行、栄養摂取、日光浴）の変容や促進に特化したアプリを開発し、その効果を検証する。

本研究では妊産婦の健康増進のために IoHT を活用し、生活習慣アドバイスをする中で、妊産婦の健康行動に変容が生じるのかを検討する。その際に背景の心理的理論モデルとして IMB モデル (Information-Motivation-Behavioral skills model) を活用する (図 1 を参照)。IMB モデルは HIV 関連の行動変容を説明するために提唱されたものであり、現在も多様な行動変容領域で基礎的な理論として用いられている [9][10]。具体的に、IMB モデルは「情報」「動機付け」「行動スキル」の 3 つの要因から行動の変容を説明しようとするものである。要因間の関連性として、「情報」と「動機付け」は「行動」の変容に直接影響を与えるだけでなく、「行動スキル」の要因を媒介して「行動」の変容をもたらすと考えられている [11]。要するに、妊産婦の健康行動（歩行、栄養摂取、日光浴）を高めるのに、妊産婦に与える「情報」、健康を維持しようとする「動機」、健康行動を実行することができる「行動スキル」を高めることが有効であると考えられる。

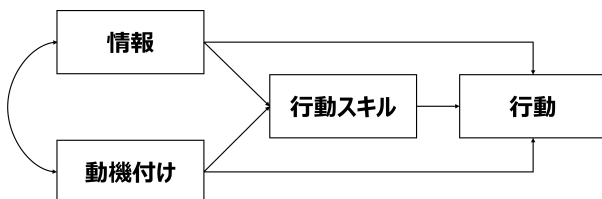


図 1 IMB モデル [11]

そこで、本研究ではこれらの要因を活性化し、健康行動の変容を促すことを目的に、ヘルスケア研究で説得戦略 [12] としてよく活用している「セルフモニタリング」「報酬」「情

報提供」「情報の権威性」などの手法を用いることにした [13][14]。以下、これらの説得戦略によって生じる心理的効果について簡潔に記する。

まず、行動変容の戦略として用いた「セルフモニタリング」は、社会的認知理論の中の重要な構成要素であるセルフコントロールに含まれる技法であり、自分の行動を把握・管理することで、自分自身の心身、行動に意識が向き、現在の自身の状態を観察し、敏感に感じ取ることである。自分をモニタリングすることによって、自分自身の行動変化の把握、改善点の発見ができ、自己管理や目標設定が容易になることがメリットとして挙げられる [15]。

次に、行動変容を目的とした「報酬」の効果は従来の「アメとムチ」で行動や動機をコントロールする基本的な手法である。人は楽を求め、罰を回避しようとする動機を生まれつき持っており、好ましい刺激が与えられると行動が自発的増加し、悪い刺激が与えられると行動が自発的減少する。報酬は行動の習慣化を目指すのに有効な戦略として多くのヘルスケアアプリに搭載されている [12][16]。

また、ユーザーの行動スキルを高めることを目的とした「情報提供」の介入戦略は、関連情報を提供・提案されることによって行動スキルが向上し、それに伴い行為者自身の自己効力感の増加も期待できる。自己効力感とは、ある行動を遂行することができる、と自分の可能性を認識していることであり、自己効力感が強いほど実際にその行動を遂行できる傾向にあると述べられている [17]。健康教育や健康行動の習慣化を目指した行動変容の研究領域においても、自己効力感を応用した研究が多くみられ、行動スキルの向上とともに、行動変容への効果が期待できる重要な要素である。

最後に、情報への信頼性が行動変容を予測する重要な要因であることを考慮し、「情報の権威性」（権威のある情報を提供する）戦略を用いた。「情報の権威性」は認知バイアスの一つである権威バイアスを活用した戦略手法である。つまり、情報の発信源に「権威性」を持たせる（たとえば、専門家による意見や上司の言葉など）ことによって、情報への信頼性や妥当性が認知され、行動変容に影響をもたらす心理的現象である。

本研究ではアプリに上記の心理的効果をもたらす機能を搭載することによって、妊産婦の健康行動の促進に寄与するのかを検証する。主に、「情報」を「権威性のある情報」と「権威性のない情報」に分け、アプリによる介入効果を検証する。

1.3. 本研究の目的

本研究では、正常な過程の健康な妊産婦を対象に IoHT を活用し、妊産婦の健康行動が促進されるのかを検証することを目的とし、(1) 妊産婦向けに特化したアプリを開発し、(2) それを用いた介入実験 (20 週～産後一か月の間に実際に使ってもらうこと) を行った。特に、権威性のある情報は妊産婦の健康行動変容に有効であるという仮説のもと、

参加者に与える情報を、「専門家による情報源を明示した健康情報」と「情報源を明示していない健康情報」に分け、健康行動の変容を検証する。

しかし、本稿の紙面上の都合より、本研究では上述の(1)妊婦向けのアプリ開発について紹介し、(2)それを用いた介入実験および参加者のアプリ使用後の感想や意見をまとめる、ことにとどめる。介入実験による健康行動の変容効果に関しては割愛する。

研究倫理審査 本研究は、順天堂大学医学系研究等倫理委員会(承認番号: E22-0265-N01)の承認に基づき実施した。

臨床実験登録 本研究は、臨床試験登録をし、実施した(UMIN 試験 ID: UMIN000051235)。

2. IoHT モバイルアプリケーションの開発

本研究では、妊産婦の健康行動の促進のための iOS アプリとして、妊産婦用健康管理アプリケーション^{*1}(以下、「TEKUTECH アプリ」とする)を株式会社 KDDI 総合研究所が開発し、妊産婦を対象に介入研究に利用した。

以下、まず、TEKUTECH アプリの全体構造について説明し、次に、アプリより収集可能なデータ種類について記載する。

2.1. TEKUTECH アプリの全体構造

本アプリは主にホーム画面、体重・アドバイス画面、ミッション画面、称号画面、お知らせ画面から構成されている。

ホーム画面 「ホーム画面」では、アプリの使い方ガイドを閲覧できたり、ミッション画面や称号画面で取得した歩数レベルや称号が表示されたりする。また、完了したアンケートに対応した週数のバッジが画面の下部に表示される。例えば、20 週目のアンケート回答が終わると、その回答が完了していることを意味するバッジが表示され、アンケートの進捗状況が視覚的に把握できる。さらに、アンケート回答やお知らせの通知がある場合、ホーム画面上にポップアップのバナーとして表示され、クリックするとアンケート回答画面に遷移する。

体重・アドバイス画面 「体重・アドバイス画面」では、まず、画面の上部に現在の妊娠週日、出産予定日までの残り日数が表示される。次に、現在の体重を入力すると、妊娠初期の体重を基準にした場合の体重変動が折れ線グラフとして体重画面上に表示される。これによって妊娠中の体重変動を視覚的に捉え、体重の自己管理の促しや生活習慣の見直しなど、セルフモニタリングによる行動変容が期待できる。また、介入のアドバイス情報が画面の下部に表示され、かつ当日の服装(半袖・長袖)状態を選ぶ機能がある。これによって、ユーザーの服装状態に合わせた介入アドバイスを提示することが可能である。



図2 TEKUTECH アプリのホーム画面

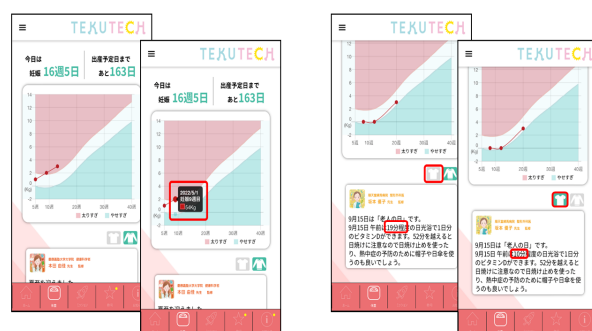


図3 TEKUTECH アプリの体重・アドバイス画面

ミッション画面 「ミッション画面」では、当日に実際に歩いた歩数が表示され、対応した歩数レベルが表示される。また、当日の歩数のみならず、過去の歩数履歴と達成レベルも棒グラフで表示される。これらの機能によって毎日の目標管理ができることに加え、過去の自分と比較することを通じて、長期的な自己管理やモチベーション向上に繋がるという心理的效果が期待できる。

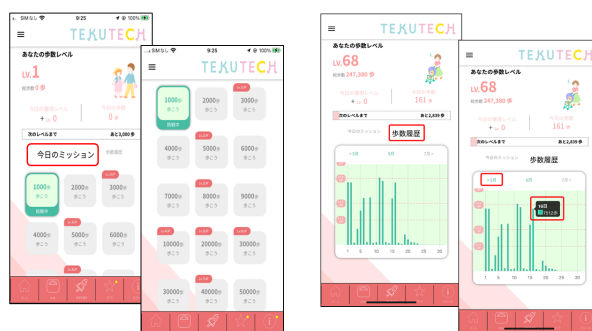


図4 TEKUTECH アプリのミッション画面

称号画面 「称号画面」では、歩数によって特定の称号が与えられる。称号は可愛い動物で表現されたイラスト絵であり、赤ちゃんの口調で表現された文字情報(例:「ねこさんはどう鳴くの? ~♪教えて~♪」)が表示され、お腹の赤ちゃんが母親と対話しているような感覚を与える。画面上

^{*1} 本アプリは研究用途のみで利用するアプリであり、今後患者向けにサービスを提供するアプリではない。

には過去の称号が閲覧できるのみならず、次に獲得できる称号が1つ表示される。そして、次の称号まで何歩達成すると取得できるのかの目標も表示されている。このような称号が歩数取得レベルによって獲得され、対象者に対する報酬効果が期待される。さらに、次の称号取得まで達成しないと後にどのような称号があるのかは画面上に表示されないため、参加者の好奇心の活性化につながり、歩行行動の促進に寄与する心理的効果が期待できる。ここで取得された最新の称号が、上述の「ホーム画面」と「ミッション画面」にも同様に表示される。



図5 TEKUTECH アプリの称号画面

お知らせ画面 「お知らせ画面」では、大きく「お知らせ画面」と「アンケート画面」で構成され、ボタンをクリックすることで画面の切り替えができる。まず、「お知らせ画面」にはアプリの利用方法（例：「体重の入力方法」や「出産予定日/通院予定日の入力方法」など）の情報が記載されている。次に、「アンケート画面」では指定された番号を入力すると、該当画面が表示され、アンケート回答ができる。

2.2. アプリより収集可能なデータ種類

本アプリではユーザーの行動データとして、位置情報、Wi-Fi 接続先情報、歩数、アプリ操作履歴を、ユーザーが許可した範囲内で収集する。位置情報の記録がされる際にサーバーにデータを送信し、送信に失敗した場合は次の記録タイミングで再送信を行う。以下に収集データの詳細について記す。

位置情報 位置に関連する情報として、GPS と Wi-Fi 接続先のアクセスポイント情報を記録する*2。記録するタイミングは OS がスマートフォンの移動を検知したときであり、GPS には 100 メートル程度の誤差が含まれている。

歩数 位置情報が記録される際に、その日の 0 時から現在時刻までの歩数を API を利用して取得し*3、ファイルに保存する。

*2 本研究では、取得した位置情報を個人の特定ができないように加工したうえ、効果検証に活用する。

*3 本アプリでは iPhone の CMPedmeter という歩数を取得するための API を利用して歩数を取得する。

アプリの操作履歴 参加者がアプリを操作するたびに、その履歴が記録される。

3. 研究方法

3.1. 参加者

本研究は、共同研究施設の順天堂大練馬病院を受診した妊婦を対象に 2022 年 12 月～2023 年 8 月の間に研究参加の募集を実施したところ、69 名の方が研究参加に同意した。そのうち下記の中止基準により 4 名の方が参加中止をしたため、最終的には計 65 名（平均年齢 33.32 歳、標準偏差 4.63）の妊婦を研究対象とした。これらの参加者は以下の適格基準を満たし、且つ除外基準のいずれにも該当しない正常妊婦であった。

適格基準 本研究では、同意取得の時点で妊娠 20 週未満（妊娠 15～19 週）であること、妊娠前 BMI (Body Mass Index) が $18.5 \sim 24.9 \text{ kg/m}^2$ であること、単胎妊娠であること、iPhone を日常的に使っていること、産後 1 カ月健診までの全ての健診を研究実施施設で受ける予定があること、を適格基準とした。

除外基準 本研究では、年齢が 20 歳未満である場合、多胎妊娠である場合、iOS14.1 以降の iPhone を使用していない場合、妊娠前に糖尿病、もしくは妊娠中の明らかな糖尿病、妊娠合併症と診断される場合、何らかの疾患・合併症があり栄養指導を受けている場合、妊娠前 BMI $< 18.5 \text{ kg/m}^2$ もしくは BMI $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ の場合、日本語でのコミュニケーションが可能でない場合、担当医師が本研究の対象として不適当であると判断した場合、を除外基準とした。

中止基準 本研究では、研究対象者から研究参加の辞退の申し出や同意の撤回がある場合、本研究全体が中止される場合、その他の理由により、研究責任者および研究分担者が研究の中止が適当と判断する場合、を中止基準とした。

3.2. 研究対象期間

本プロジェクトの研究期間は各共同研究機関の研究実施許可日から 2025 年 9 月 30 日までとなっており、そのうち、研究対象者の登録期間と観察期間は以下の通りである。

- 登録期間：2022 年 12 月 17 日～2023 年 10 月 31 日
- 観察期間：2022 年 12 月 17 日～2024 年 9 月 30 日

研究対象者は、研究参加同意を取得した日から産後 1 カ月までの約 8 カ月間に TEKUTECH アプリによる介入を受けた。産後 1 カ月健診の際に、研究参加終了である説明および謝礼を受け渡し、研究終了となる。

3.3. 研究デザイン

本研究は研究実施計画に基づいて実施し、全体的に「介入前」と「介入中」、「介入終了後」の 3 つの期間に分けられる（図 6 を参照）。まず、介入前の期間は、妊娠 16～19 週まで

の期間を指し、主に対象者の適格基準の確認、研究全体の説明および同意取得、介入アプリの説明やインストール、アプリによるデータ収集（例：歩数やアンケート回答）などを実施した。具体的には、まず、共同研究施設の順天堂練馬病院に外来受診をした妊婦のうち、研究参加の適格基準に満たす16週～19週の妊婦を対象に募集した。次に、研究案内のチラシおよび同意説明文章を医師から手渡しし、研究参加の同意を得た。その際には、同意説明文章の内容をまとめた動画を見てもらい、研究内容の理解を補助した。そして、参加同意を得た対象者のみを対象に、アプリケーション利用規約を確認し、アプリ利用の同意を得たうえで、参加者向けの簡易マニュアルを用いて、アプリの使用方法や諸機能について説明をし、アプリのインストールを実行してもらった。その際に、アプリでは研究のためにアプリの利用履歴（登録情報、入力情報、操作履歴など）、GPS 位置情報、歩数、アンケートへの回答情報などが取得されること、取得した位置情報は個人が特定できないように加工した上で研究に活用することについて説明をした。

次に、介入中の期間は妊娠20週から出産までの期間を指し、主に参加者の介入グループ分け、生体、行動、心理、健康などの各種のデータ測定、対象者による問い合わせへの対応などを実施した。具体的には、妊娠20週の直前まで対象者の適格基準を満たすことを確認したうえで、妊娠20週から研究対象者を権威情報あり・なしの2群に無作為に割当を実施した。2群の割付法は「置換ブロック法」を用いた。具体的には、4つを一つのブロックにし、6つの羅列パターンを作成し、ランダムに割付をした。割付は共同研究機関のKDDI 総合研究所が担当し、順天堂練馬病院には参加者番号のみが通知された。要するに、順天堂練馬病院では盲検化された状態ですべてのリクルートおよび対応を実施した。

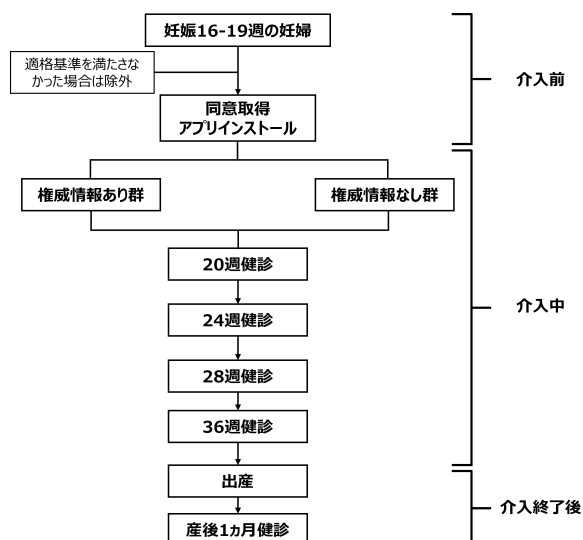


図6 研究の流れ

アドバイスによる介入は妊娠20週から開始し、出産まで

の約5カ月間継続する。権威情報あり群となし群は同様の介入アドバイスメッセージを受けるが、権威あり群はなし群に比べ、情報発信源を表すイラスト絵がメッセージと同時に提示されるようになっていた（図7を参照）。つまり、権威情報あり群は情報発信源が分かるが、なし群は分からない状況で介入を受けることになる。

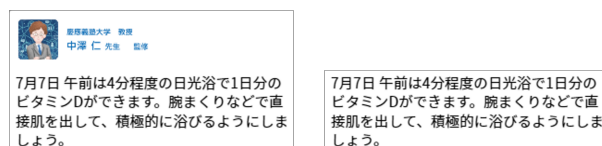


図7 権威のある情報（左）とない情報（右）の例

介入アドバイスはIMBモデルを基に、体重管理、食生活、日光浴のそれぞれに関する「情報」「動機付け」「行動スキル」の要素から構成されている（図1を参照）。「情報」関連のアドバイスには、例えば、妊娠中の適正体重（BMI）やビタミンDを含む食べ物、日光浴効果などの知識が含まれていた。「動機付け」関連のアドバイスには、例えば、適切な体重管理、健康な食生活、日光浴を行うモチベーションを高めるメッセージが含まれていた。「行動スキル」関連のアドバイスには、適切な体重管理、健康な食生活、日光浴を行うための効果的な方法が含まれていた。

アドバイスによる介入は妊娠20～41週までの22週間分、計99個を作成した。その詳細の内訳は、体重管理66個（体重3種類（少ない/標準/多い）×妊娠22週）、食生活22個（妊娠週22週）、日光浴9個（時間帯3種類（0:00～12:29/12:30～17:29/17:30～23:59）×天気3種類（晴れ/くもり/雨））であった。健康管理と食生活アドバイスは慶應義塾大学大学院の健康情報学者（本稿の第4著者）、日光浴アドバイスは順天堂大学医学部附属練馬病院整形外科医（本稿の第3著者）が作成し、全体について産科婦人科館出張佐藤病院が監修を実施した。

日光浴は季節や服装、天気によって効果が異なるため、5月～9月（紫外線が強い月）、4月と10月（紫外線が中程度の月）、11月～3月（紫外線が弱い月）のように季節を3種に分け、服装（半袖、長袖）、天気（晴れ/曇り/雨）などの要因を踏まえ、介入メッセージ中の日光浴推奨時間^{*4}を変更した。例えば、図3（右）に示しているアドバイスでは、紫外線が強い9月の晴れた日に、半袖の服装をしている場合は、日光浴の推奨時間が10分程度であるが、同じ日に長袖の服装をしている場合は19分程度の比較的長い時間の日光浴を推奨した。

介入終了後の期間は、出産から産後1か月の期間を指し、

^{*4} 長袖の日光浴時間は、環境研から算出された過去の推奨紫外線暴露時間（つくば市の2013年11月21日から2019年12月31日までの1分ごとデータ）を、月（12ヵ月）、時間（午前、午後）、天気情報（晴れ、曇り、雨）などの条件で分類し、中央値を算出した。そして、月と天気、時間の条件に該当する際、該当中央値を日光浴時間として提示した。半袖の場合は、該当中央値の1/2時間を日光浴時間として提示した。

アプリによる行動データおよびアンケート回答は継続して収集したが、アプリによる介入アドバイスの提示は停止した。具体的には、順天堂練馬病院から参加者の出産情報が KDDI 総合研究所に通知されると、システムより出産情報の登録を行う。それにより、参加者のアプリより、「出産、おめでとうございます」というメッセージが表示され、妊娠中に提示されたアドバイスは非表示になる。

3.4. 収集データ

研究参加同意を得た日（妊娠 16 週～19 週の健診）から産後 1 カ月健診までの間に、以下の様々なデータを収集した。データは順天堂練馬病院で直接取得したものと、アプリを経由して取得したデータに分けられる。

病院で収集したデータ

まず、順天堂練馬病院では生体データ（例：血液検査、骨密度、体重、体組成、血圧などの計測）、食事・栄養データ、用紙記入式アンケート、妊娠に関する基礎データ（カルテ記録）などが収集された。

(A) 生体データ

血液検査 通常の妊婦健診で採血し、測定する検査項目の中で、糖代謝（血糖）、脂質代謝（総コレステロール、HDL コレステロール、中性脂肪、LDL コレステロール）、鉄代謝（ヘモグロビン）、タンパク代謝（総アルブミン）データを電子カルテからピックアップした。ビタミン D 濃度、PTH インタクト、亜鉛、アルカリフォスファターゼについては、妊婦健診の採血時に追加採取した 10ml の血液を用いて行った。ビタミン D は、さらに、出産時の臍帯血から追加採取した 3ml の血液も用いて検査した。

骨密度計測 妊婦健診時の待ち時間で、超音波法の骨密度計を用いて、踵骨の骨密度を測定する。GE ヘルスケア・ジャパン製超音波踵骨測定装置 [A-1000EXP] を用いて約 3 分間測定した。

体組成計測 妊婦健診時の待ち時間で、生体電気インピーダンス (bioelectrical impedance analysis:BIA) 法体組成計を用いて、全身と部位別の体脂肪率・体脂肪量・体脂肪率を測定する。タニタ社製業務用体組成計 [MC190EM] を用いて、約 30 秒計測した。

体重と血圧 妊婦健診時の待ち時間に、病院内の体重計と血圧計を用いて計測した。

(B) 用紙記入式アンケート調査

食事・栄養データ 妊婦健診時の待ち時間に、用紙記述式の簡易型自記式食事歴法質問票 (Brief-type self-administered diet history questionnaire: BDHQ)[18]) への回答を依頼した。産後 1 カ月健診時のみ、病院での滞在時間を短縮するために、健診時の用紙を持ち帰り、自宅にて回答し、返信用封筒にて投函する形式で実施した。アン

ケート回答には約 20 分必要であった。

日本版エンジンバラ産後うつ病自己評価表 (EPDS) 産後 1 カ月健診時に実施したエンジンバラ産後うつ病自己評価票 [19] (10 問) の得点を、電子カルテよりピックアップして用いた。

赤ちゃんへの気持ち質問票 (Mother-to-Infant Bonding Scale:MIBS) 妊婦健診時に助産師の支援のもとで実施した。具体的には「赤ちゃんをいとしと感じる」「赤ちゃんのことが腹立たしくいやになる」など、計 10 項目を 4 件法（ほとんどいつも強くそう感じる～全然そう感じない）で測定し、得点が高いほど赤ちゃんへの否定的な感情が強いことを示す [20]。特に、否定的な感情が高い場合は、助産師より精神的ケアを行った。

(C) 妊娠に関する基礎データ

カルテの記録データ（出産日、分娩直前体重、分娩方法、出血量、出生児の身長・体重、性別、児の生死、妊娠糖尿病の有無、妊娠高血圧症候群の有無（「有」の場合、降圧薬内服の有無））を取得した。

アプリより収集したデータ

次に、アプリを通して行動データ（例：歩数やアプリの操作履歴）、アンケート回答データ（外出・日光浴時間、骨リテラシー、心理、研究参加の感想など）を取得した。

(D) 行動データ

アプリのログ計測から位置情報（GPS と Wi-Fi 接続情報）、歩数、TEKUTECH アプリの利用履歴が取得される。これらのデータを活用し、以下の行動データの算出が可能である。

位置情報 (GPS と Wi-Fi の接続情報) GPS と端末の Wi-Fi 接続情報を活用し、対象者の位置情報が取得され、屋内外（在宅・外出）の判定が可能になる。この判定データを用いて、外出時間や頻度の算出ができる。さらに、歩数記録データと合わせると、屋内外での歩数に分けたデータ算出も可能である。また、位置情報と屋外での時間データを併用し、その日の紫外線暴露量^{*5}の算出も可能であり、参加者の日光浴効果の検証に寄与する。

歩数記録 妊産婦の歩行行動の変動や介入効果の検証に活用できる。

アプリの閲覧頻度 TEKUTECH アプリの閲覧履歴のデータは、アプリの各画面の閲覧頻度の算出が可能であり、介入効果の検証に活用できる。

(E) アプリ上のアンケート調査

紫外線アンケート 普段の外出時間・日焼け止めクリームの使用状況について振り返り式アンケートを約 1 分間実

^{*5} 紫外線暴露量とは、紫外線に晒された度合を表す指標のこと。

施した。本データはアプリのログデータから算出した外出有無や外出時間のデータと合わせ、参加者の日光浴の介入効果が検証できる。

骨リテラシーアンケート 骨に関する知識や行動を測定する項目を独自作成し、約1分間の回答を実施した。

セルフケアの動機付け尺度 セルフケアへの動機付け尺度 [21] を用い、健康全般に関する動機付けを約1分間測定した。例えば、「健康であるためには努力を惜しまない」「健康であるためには我慢することも大切である」など、計4項目を6件法（まったく当てはまらない～非常に当てはまる）で測定し、得点が高いほど動機付けが高いことを示す。

自己管理スキル尺度 自己管理スキル尺度 [22] を用い、健康に関する自己管理を測定した。例えば、「何かをしようとするときには、十分に情報を収集する」「何かを実行するときには、自分なりの計画を立てる」など、計10項目を4件法（当てはまらない～当てはまる）で測定し、得点が高いほど自己管理スキルが高いことを示す。

研究参加終了後の評定や感想 産後1ヵ月の最後のアンケート調査では、アプリを使っている間にどのように感じたのかを感じたままに評定する項目を追加した。具体的には、アドバイスは役立ったのか、信頼できるものだったのか、専門家からのものであると感じたのか、内容は理解しやすかったのか、次の妊娠でもこのアプリを利用したいと思うのか、について5件法で測定した。評定値が高いほどポジティブな評定を意味する。その結果を図9に、役立つ、信頼できる、専門家による、理解しやすい、今後も使いたい の順に示す。そして、アドバイスを読んで、何かに取り組んだのか（4件法）も測定した。最後に、本研究に参加して良かったこと、困ったことを自由に記入してもらった。

3.5. データの取得時期

各種のデータ取得時期を図8に示す。

| データ種類 | 実施項目 | 介入前 | 介入後 | | | | | 介入終了 |
|----------|------------------|--------|-----|-----|-----|---------|---------|-------|
| | | 16-19週 | 20週 | 24週 | 28週 | 36週 | 出産 | 産後1ヵ月 |
| 生体データ | ビタミンD | - | - | ● | - | ● | ● (調剤品) | - |
| | PTHインタクト | - | - | ● | - | ● | - | - |
| | アルカリフォスファターゼ | - | ● | - | ● | ● | - | ● |
| | 亜鉛 | - | - | ● | - | ● | - | - |
| | 骨密度計測 | - | ● | ● | ● | ● | - | ● |
| 行動データ | 体組成計測 | - | ● | ● | ● | ● | - | ● |
| | アプロログ計測 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| アンケートデータ | 食生活アンケート(BDQ) | - | ● | ● | ● | ● | - | ● |
| | 紫外線アンケート | - | ● | ● | ● | ● | - | ● |
| | 骨リテラシーアンケート | ● | ● | - | - | ● (34週) | - | ● |
| | セルフケアの動機付け尺度 | ● | ● | - | ● | ● (34週) | - | ● |
| | 自己管理スキル尺度 | ● | ● | - | ● | ● (34週) | - | ● |
| | エンジンバラ産後うつ病自己評価票 | - | - | - | - | - | - | ● |
| | 赤ちゃんの気持ちの質問票 | - | - | ● | - | - | - | ● |

図8 各種データの測定時期

4. 結果と考察

本研究では妊産婦の健康行動を促すために、妊娠中のユーザーに特化した TEKUTECH アプリを開発し、妊産婦を対象に妊娠中期から産後1ヵ月までの約20週～23週間にわたって介入を実施した。介入による妊産婦の健康行動の変容効果に関しては紙面の都合上割愛し、本稿ではアプリを使用した参加者の評定や感想について記述する。詳細には2023年10月31日まで産後1ヵ月アンケート回答が終わった36名の参加者の回答を集計した。その結果、図9に示しているように、アプリを使った参加者評定の平均値が中間値3（どちらとも言えない）を超えており、どちらもポジティブな評定が比較的に多い傾向であった。

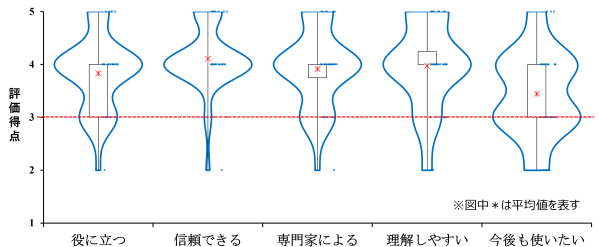


図9 アプリ使用後の参加者評価

次に、使用後の感想について、良かったことと困ったことに分けて整理した。まず、良かったことについては、「知識や情報の獲得」（例えば、「必要な情報を得られた」「知らない知識を得ることができた」などの回答、計9個）、「健康管理の意識化」（例えば、「意識的に体重管理や歩数を気にするようになった」、「健康について意識が高まった」などの回答、計7個）「体重管理の良さ」（例えば、「体重管理がしやすかった」、「毎日の体重管理はとても役に立った」などの回答、計6個）、「健康生活や運動への動機付け」（例えば、「健康に過ごすためのモチベーションになっていた」「歩数を管理し、称号が得られることで、歩くモチベーションにはなった」などの回答、計6個）の4つの側面が示された。これより、アプリ開発時に意図した自己モニタリングや報酬、提案などの介入設計により、健康行動遂行への動機付けや興味・関心、自己効力感の向上などの心理的効果の達成が確認できた。一方、困ったことについては、「歩数記録の不具合」（例えば、「たまに歩数がおかしいことがあったため、歩数計として毎日利用していたが参考にできない日があった」などの回答、計2個）、「アプリの常時起動による大変さ」（例えば、「常に立ち上げないといけないプレッシャーはあった」などの回答、計2個）、その他、負担や入力の不便さ、研究のフィードバックへの要求などが挙げられた。

アプリ自体を常時起動しないと、データ送信に不具合が生じる場合がある。例えば、電池切れ後の端末再起動の際には、アプリ自体も再起動しないと、歩数記録に影響が生じる場合があった。このような手間が大変な時期を過ごす妊産婦にとっては負担やストレスになった可能性があるため、

今後のアプリの改善点とする。

謝辞 本研究では、研究対象者の募集や研究実施について順天堂大学医学部附属練馬病院の荻島大貴教授、丸山洋二郎准教授、紫外線暴露量（日光浴の度合）の観測について国立研究開発法人国立環境研究所地球環境センターの中島英彰主席研究員に多大なご協力をいただきました。深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 邱冬梅, 坂本なほ子, 荒田尚子. 低出生体重児の母体要因に関する疫学研究, *Journal of health and welfare statistics/厚生労働統計協会 編*, Vol. 61, No. 1, pp. 1–8 (2014).
- [2] 木戸久美子, 林隆. 正期産低出生体重児の出生に影響を及ぼす母体背景要因に関する研究, *山口県立大学看護学部紀要*, Vol. 11, pp. 7–14 (2007).
- [3] 伊藤博之. 女性の栄養と運動: 妊婦のスポーツ, *日本産科婦人科学会雑誌*, Vol. 51, pp. 289–292 (1999).
- [4] Nakajima, H., Sakamoto, Y., Honda, Y., Sasaki, T., Igeta, Y., Ogishima, D., Matsuoka, S., Kim, S.-G., Ishijima, M. and Miyagawa, K.: Estimation of the vitamin D (VD) status of pregnant Japanese women based on food intake and VD synthesis by solar UV-B radiation using a questionnaire and UV-B observations, *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 229, No. 106272 (2023).
- [5] 杉本昌也, 矢野公一, 片野俊英, 佐々木彰, 境野環樹, 鈴木豊, 瀧本昌俊, 藤枝憲二. 母乳栄養の乳児にみられる日光浴不足によるビタミン D 欠乏性くる病, *日本小児科学会雑誌*, Vol. 107, No. 11, pp. 1497–1501 (2003).
- [6] 大関知子, 大黒啓一, 今井佐恵子, 末原紀美代, 宮谷秀一. 日本人妊婦と乳児のビタミン D 栄養に関する研究, *Journal of Rehabilitation and Health Sciences*, Vol. 5, pp. 13–18 (2007).
- [7] Kawasaki, M., Mito, A., Waguri, M., Sato, Y., Abe, E., Shimada, M., Fukuda, S., Sasaki, Y., Fujikawa, K., Sugiyama, T. et al.: Protocol for an interventional study to reduce postpartum weight retention in obese mothers using the internet of things and a mobile application: a randomized controlled trial (SpringMom), Vol. 21, Springer, pp. 1–14 (2021).
- [8] Ainscough, K. M., O'Brien, E. C., Lindsay, K. L., Kennelly, M. A., O'Sullivan, E. J., O'Brien, O. A., McCarthy, M., De Vito, G. and McAuliffe, F. M.: Nutrition, behavior change and physical activity outcomes from the PEARS RCT—An mHealth-supported, lifestyle intervention among pregnant women with overweight and obesity, *Frontiers in endocrinology*, Vol. 10, No. 938 (2020).
- [9] Fisher, J. D., Fisher, W. A., Shuper, P. A. et al.: The information-motivation-behavioral skills model of HIV preventive behavior, *Emerging theories in health promotion practice and research*, Vol. 2, pp. 21–64 (2009).
- [10] Chang, S. J., Choi, S., Kim, S.-A. and Song, M.: Intervention strategies based on information-motivation-behavioral skills model for health behavior change: a systematic review, *Asian Nursing Research*, Vol. 8, No. 3, pp. 172–181 (2014).
- [11] Fisher, J. D. and Fisher, W. A.: Changing AIDS-risk behavior., *Psychological bulletin*, Vol. 111, No. 3, p. 455 (1992).
- [12] Oyeboode, O., Ndulue, C., Alhasani, M. and Orji, R.: Persuasive mobile apps for health and wellness: a comparative systematic review, *Persuasive Technology. Designing for Future Change: 15th International Conference on Persuasive Technology, PERSUASIVE 2020, Aalborg, Denmark, April 20–23, 2020, Proceedings 15*, Springer, pp. 163–181 (2020).
- [13] Wais-Zechmann, B., Gattol, V., Neureiter, K., Orji, R. and Tscheligi, M.: Persuasive technology to support chronic health conditions: investigating the optimal persuasive strategies for persons with COPD, *Persuasive Technology: 13th International Conference, PERSUASIVE 2018, Waterloo, ON, Canada, April 18–19, 2018, Proceedings 13*, Springer, pp. 255–266 (2018).
- [14] Alkış, N. and Findik-Coşkunçay, D.: Use of persuasion strategies in mobile health applications, *Current and Emerging mHealth Technologies: Adoption, Implementation, and Use*, pp. 9–21 (2018).
- [15] 角井都美子, 美羽理一郎. 自己モニタリングと呼吸法, p. 22 (2006).
- [16] 柏本幸俊, 山崎悠大, 曹蓮, 上坂太輔. 向社会的行動の促進に向けた社会的意義付けにおける金銭的報酬効果の検証, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2023 論文集, Vol. 2023, pp. 670–676 (2023).
- [17] Bandura, A., Freeman, W. H. and Lightsey, R.: Self-efficacy: The exercise of control (1999).
- [18] Okubo, H., Sasaki, S., Rafamantanantsoa, H., Ishikawa-Takata, K., Okazaki, H. and Tabata, I.: Validation of self-reported energy intake by a self-administered diet history questionnaire using the doubly labeled water method in 140 Japanese adults, *European journal of clinical nutrition*, Vol. 62, No. 11, pp. 1343–1350 (2008).
- [19] 岡野禎治. 日本版エジンバラ産後うつ病自己評価表 (EPDS) の信頼性と妥当性, *精神科診断学*, Vol. 7, No. 4, pp. 525–533 (1996).
- [20] 鈴宮寛子. 出産後の母親にみられる抑うつ感情とボンディング障害-自己質問紙を活用した周産期精神保健における支援方法の検討, *精神科診断学*, Vol. 14, pp. 49–57 (2003).
- [21] 大山真貴子, 岩永誠. 2 型糖尿病患者の糖尿病セルフケアに影響する心理的要因の検討, *日本健康医学会雑誌*, Vol. 28, No. 3, pp. 355–362 (2019).
- [22] 高橋浩之, 中村正和, 木下朋子, 増居志津子. 自己管理スキル尺度の開発と信頼性・妥当性の検討, *日本公衆衛生雑誌*, Vol. 47, No. 11, pp. 907–914 (2000).