Vol.2018-MBL-86 No.26
Vol.2018-UBI-57 No.26
2018/2/27

モバイル環境におけるコンテンツの使用が原因となる危険・迷惑行為を緩和するシステムデザイン

傍島 大貴[1]　熊澤 洸介[1]　土井 敦士[2]　中 久治[2]　根岸 佑也[3]　梶 克彦[1]

概要：スマートフォンの普及によってゲームや SNS，音楽などのコンテンツを，場所を選ばず楽しめるようになった．しかしそれに伴い，モバイル環境におけるコンテンツの使用が原因となる危険・迷惑行為が問題となっている．事例としては，歩きスマホ中の歩行者が赤信号に気が付かずに道路を横断したため発生した，自動車との人身事故が挙げられる．これらの問題に対して，歩行中においてスマートフォンを操作不能にする機能が開発されている．しかしコンテンツの使用に制限を掛ける手法では，危険・迷惑性とコンテンツに対する満足感の間にトレードオフの関係が生じる．そのため，ユーザが感じる不満が高まり，最終的に機能を削除されてしまう可能性がある．そこで我々は，危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足度を両立させるために，コンテンツを適応的に変化させるデザインの方針を提案する．この方針では危険・迷惑性とコンテンツに対する満足度の間にトレードオフの関係を存在させない．若しくは，存在したとしてもユーザに対して別のメリットを提示し，満足度を保つ．その一例としてスマートフォンの画面内の視認性やコンテンツの操作性を低下させずに，自動車の接近をユーザに通知するシステムを開発した．さらに，このシステムを用いた自動車接近の危険回避を促すゲームデザインを提案する．

System Design to Relieve Danger and Annoying Behavior Cause of Using Contents in Mobile Environment

Hiroki Sobajima[1]　Kosuke Kumazawa[1]　Atsushi Doi[2]　Hisaharu Naka[2]　Yuya Negishi[3]
Katsuhiko Kaji[1]

1. はじめに

モバイル環境におけるコンテンツの使用が原因となる事故や危険地帯への侵入のような危険・迷惑行為が問題となっている．ポケモン GO [1] などの位置情報を利用したゲームアプリケーションのユーザが一般人の通行を阻害した事例や，運転中にプレイに気を取られ通行人と衝突した人身事故などの事例がある．また，電車内のような人が密集する環境で音楽を聴く際に発生する音漏れや，歩きながらスマートフォンを使用していた女性が機械式の駐車場へ侵入してしまった事例なども存在する．歩きスマホについては，歩きながらスマートフォンを使用する際の視線を計測し，その危険性が検証されている [2]．また，上記のような危険・迷惑行為に関しては次のような統計が取られている．警察庁の発表よれば，2016 年に発生したスマートフォンを含む携帯電話の使用が関係する交通事故は 1999 件であり，5 年前と比較して約 1.6 倍に増加している [3]．また一般社団法人日本民営鉄道協会の「平成 29（2017）年度駅と電車内の迷惑行為ランキング」 [4] では，歩きながらの携帯電話・スマートフォンの操作が 29.6%で第 4 位であり，ヘッドホンからの音漏れが 20.1%で第 6 位という結果になっている．

また，歩きながらスマートフォンでゲームをプレイしていたユーザが事故を起こした場合，プレイしていたコンテンツや，そのコンテンツの製作者，スマートフォンそのものが批判される可能性も考えられる．例えば，ポケモン GO を歩きながらプレイしていたユーザが事故を起こした場合，非ユーザが批判する対象はポケモン GO から位置情

1　愛知工業大学情報科学部
2　愛知工業大学大学院経営情報科学研究科
3　メタプロトコル株式会社

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

報を利用するゲームジャンル，さらにはスマートフォンそのものへと広がる可能性が考えられる．このように批判の対象が個から拡大すれば，そのジャンルに該当するコンテンツや，コンテンツ制作者，スマートフォンそのものに社会的なマイナスイメージが定着し，最終的にそれらが衰退する原因にもなり得る．

このような問題を解決するために，危険・迷惑となる状況をスマートフォンで自動的に認識しコンテンツを使用不能に手法 [5] や，危険・迷惑性の原因となるコンテンツを加工し，危険・迷惑性を抑制する手法 [10] がある．これらの手法には，危険・迷惑性とコンテンツの満足度の間にトレードオフの関係が存在する．そのため，コンテンツの満足度は保たれず，危険・迷惑性を解消する機能やアプリケーションは忌避される．

そこで我々は，危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足度を両立させるために，コンテンツを適応的に変化させるデザインの方針を提案する．問題となっている危険・迷惑性を僅かでも緩和でき，モバイルコンテンツユーザが楽しみながら公共マナーの向上が可能なシステムデザインを目指す．

本稿の構成は以下の通りである．まず 2 章では既存のながらスマホに関する対策手法と，それに関する特徴を述べる．次の 3 章では本稿で提案するシステムデザインについて述べ，これまでに開発したシステムを紹介する．4 章では今回新たに開発した，自動車の接近をスマートフォンの画面の操作性と視認性を劣化させずに通知するシステムの紹介し，このシステムを用いた自動車接近の危険回避を促すゲームデザインを提案する．最後に 5 章で本稿の内容をまとめる．

2. 関連研究

危険・迷惑性を考慮しないコンテンツと禁止指向型の手法，抑制指向型の手法の危険・迷惑性とコンテンツに対する満足度の関係を **図 1** に示す．危険・迷惑性とコンテンツに対する満足度にはトレードオフの関係が存在する．危険・迷惑性を考慮しないコンテンツは，危険・迷惑性に関して特に考慮されていないため，コンテンツに対する制限などがなく，満足度が非常に高い．対して，禁止指向型の手法ではコンテンツの使用が制限される．そのため，危険・迷惑性は低くなるが，満足度は低下する．また，代替指向型の手法のように，コンテンツの使用が制限される代わりに別にメリットを提示し，低下した満足度を補う手法も存在する．抑制指向型の手法は危険・迷惑性の原因となる要素を改変する．そのため危険・迷惑性に対してある程度の抑制が可能であるが，原因となる部分を大きく改変するとコンテンツとしての満足度が低下する．

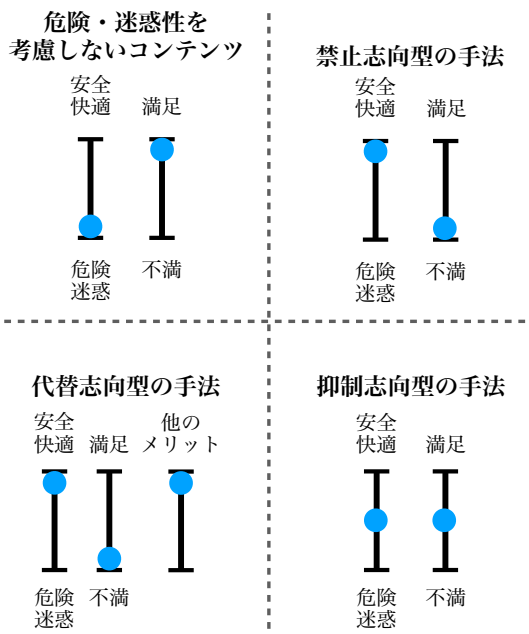


図 1: 危険・迷惑性と満足度のトレードオフの関係

2.1 禁止・代替指向を用いる手法

モバイル環境におけるコンテンツの使用が原因となる危険・迷惑行為を防止するために，特定の状況を認識し，その状況下でコンテンツそのものを使用不能にする手法がある．この手法を禁止指向型の手法と定義する．また，禁止指向型の手法で低下したコンテンツの満足度を，別のメリットを提示し補う手法がある．この手法を代替指向型の手法と定義する．以下にそれらの手法を用いた，危険・迷惑行為を防止する手法を挙げる．

また，歩きスマホを防止するためにスマートフォンのアプリケーションを用いる手法がある．株式会社 NTT ドコモは 2013 年に歩きスマホを防止する機能として「あるきスマホ防止機能」[5] を提供している．この機能はスマートフォンの使用中にユーザの歩行状態を認識する．もしユーザが歩行中であるならば，歩きスマホをやめるよう警告を表示しスマートフォンを操作不能にする．類似の機能を持つアプリケーションとして，KDDI 株式会社からは「あるきスマホ注意アプリ」[6]，ソフトバンク株式会社からは「STOP 歩きスマホ」[7] が提供されている．他にも，歩きながらスマートフォンを操作していると画面が暗くなり，その後音声によるアナウンスに切り替えるといった手法がある [8]．

自動車の運転中にスマートフォンを使用するながらスマホという問題を解決する手法として，トヨタ自動車株式会社，KDDI 株式会社，株式会社コメダの三社が「ながらスマホ運転」事故防止プロジェクトを実施している [9]．このプロジェクトはスマートフォンアプリケーションの Driving BARISTA を用いる．アプリケーションを起動し自動車の運転中にスマートフォンを裏側を向けて置く．裏側を向け

て置いて運転した走行距離，つまりスマートフォンを操作しなかった走行距離に応じてコーヒーの無料券と引き換えが可能になる，

これらの手法はいずれも，スマートフォン内のコンテンツを使用すると危険・迷惑性を孕むと考えられる状況下で，コンテンツの使用を禁止するという共通点を持つ．歩きスマホやながらスマホは，移動中にコンテンツを使用したいと感じるユーザが引き起こす危険・迷惑行為である．このようなユーザはコンテンツを使用できないという状況に対して不満を感じると考えられる．Driving BARISTA[9] は歩きスマホ防止機能 [5] と比べ，スマートフォンを使用しない行為に対して別にメリットを提示しているため，ユーザが感じる不満は相対的に少なくなる．しかし，コンテンツを使用できないという状況を作り出す手法は，コンテンツを使用したいと考えているユーザの欲求と真っ向から対立する形になる．結果としてユーザにアプリケーションや機能そのものを削除されてしまう可能性がある．

2.2 抑制指向を用いる手法

危険・迷惑性の原因となるコンテンツを加工し，危険・迷惑性の発生を抑制する手法がある．これを抑制指向型の手法と定義する．抑制指向型の手法の例として，イヤホンからの音漏れを防止するために，楽曲を音漏れが発生しにくく加工する手法がある [10]．イコライザを用いて音漏れが発生しやすい周波数帯域の音量を小さく加工する．この手法では，イヤホンからの音漏れが発生しにくくなる．つまり音漏れしやすい周波数帯を抑えるイコライザを強くかけると，楽曲としての満足度は低下するという結果が得られている．危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足度の間にトレードオフの関係が存在する場合，禁止指向型の手法と同様に，ユーザは不満を感じるため，ユーザがコンテンツを利用しなくなると考えられる．

3. 危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足度を両立させるシステムデザイン

このシステムデザインにおける主なターゲットは禁止指向型や抑制指向型の手法に反発するユーザである．危険・迷惑行為をルールとして罰則対象にしたり，「危険だから止めましょう」のようなモラルへ訴えかけるだけでその行為を辞めようと考えるユーザは，禁止指向型や抑制指向型の手法でも対応可能である．しかし全てのユーザがそうではなく，ルールやモラルよりも自身の利益を優先しようと考えるユーザも一定数存在する．このようなユーザは禁止指向型や抑制指向型の手法に反発し，避けると推測される．一方，貪欲指向型の手法では危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足度の両立を図る．コンテンツの満足度が維持されていれば，禁止指向型や抑制指向型の手法に反発するユーザも使用するようになる．危険・迷惑性が解消されるコンテンツのユーザが増加すれば，コンテンツユーザと非ユーザ間の軋轢が減少し，コンテンツの社会的なイメージの悪化を防止できると考える．

3.1 貪欲指向を用いたシステムデザイン

本研究では危険・迷惑性の解消とコンテンツに対する満足度の間に 図 1 のようなトレードオフの関係を存在させない．このような考え方を貪欲指向型と定義する．貪欲指向型の手法では**図 2** のような，危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足感が両立した関係を目指す．図 2 の関係 1 は危険・迷惑性が解消され，かつコンテンツの満足度も維持された状態である．関係 2 は危険・迷惑性が解消された状態に沿うようにコンテンツを変化させ，コンテンツの満足度をより高める．関係 3 は関係 1 に別のメリットを組み込み，関係 2 と同様に全体の満足度を底上げする．

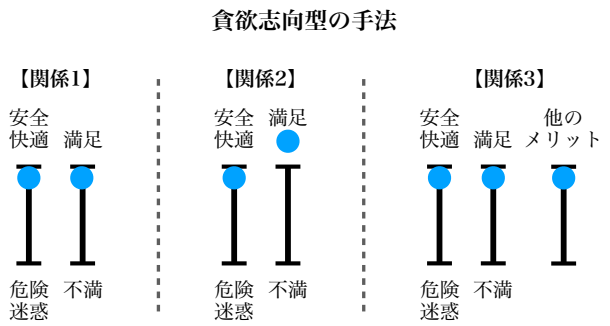


図 2: 目指す危険・迷惑性とコンテンツの満足度の関係

3.2 コンテンツを適応的に変化させるシステムデザインの方針

危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足度を両立させるために，コンテンツを適応的に変化させるシステムデザインの方針を提案する．危険・迷惑性の認識を行い，その結果を基に，危険・迷惑性が解消され，かつ満足度が低下しないようにコンテンツを変化させる．この時，図 2 の関係 1 を実現するために，危険・迷惑性を解消しつつ，コンテンツ全体の整合性を保つように変化させる．関係 2 を実現するために，危険・迷惑性を解消しつつ，その状況においてコンテンツをより楽しめるような改変を加える．関係 3 を実現するために，現在楽しんでいるコンテンツの邪魔にならない範囲で，危険・迷惑な状況の発見や回避といった行為自体にインセンティブやゲーム性を付与する．

3.3 これまでに開発したシステム

3 章の内容を踏まえた上で我々は，これまでに貪欲指向を用いて，モバイル環境におけるコンテンツの使用が原因となる危険・迷惑行為を緩和するシステムを，2 種類開発

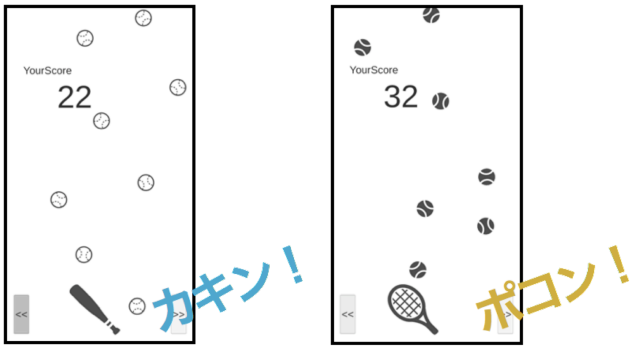
した．これらは何れも，図 1 の関係 1 の，危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足度が保たれている状態の実現を目的とし，コンテンツを適応的に変化させるシステムデザインの方針に則る．

3.3.1 イヤホンからの音漏れ防止するゲームシステム

本節で対象とする迷惑行為は，イヤホンからの音漏れである．一例として，ボールを打ち返して得点を獲得するゲームアプリケーションを開発した．貪欲指向に則り，ゲーム内の音量を下げるといった，満足度の低下が推測される手法は採用しない．イヤホンからの音漏れについては，1000Hz から 5000Hz にかけてが，音漏れが発生しやすい周波数帯域であると判明している [11]．この特性を利用し，ゲーム内の音漏れが発生しやすい効果音を，音漏れが発生しにくい効果音へ挿し替え音漏れを防止する．このとき，効果音のみを差し替えると，ゲーム内の絵柄と効果音が噛み合わず違和感が生まれ，満足度を低下させる要因となる．そのため，挿し替えた効果音に沿うようにゲーム内の絵柄も変更し，ゲーム全体としての整合性を保つ．

本ゲームアプリケーションでは，ユーザが音漏れが発生してはいけない状況下でプレイしているかを認識する．今回は電車内でプレイしている状況を，音漏れが発生してはいけない状況とした．電車内外の認識には，機械学習アルゴリズムの一つであるランダムフォレストを使用した．スマートフォンの加速度センサから取得したデータを特徴量する．教師データは，1 つにつき 128 個の加速度から平均・分散・最大値・最小値・フーリエ変換により得た周波数帯を 4 分割した合計 8 つの特徴量を使用している．また，教師データからモデルを生成し，認識を行う．

電車外でプレイしていると認識した場合，ボールをバットで打ち返し「カキン」という高く音漏れが発生しやすい音が鳴る．電車内でプレイしていると認識した場合，絵柄がバットからラケットに，効果音が「カキン」から「ポコン」という低く音漏れが発生しにくい音に差し替えられる（**図 3**）．



(a) 通常時のゲーム画面と SE　(b) 電車内のゲーム画面と SE

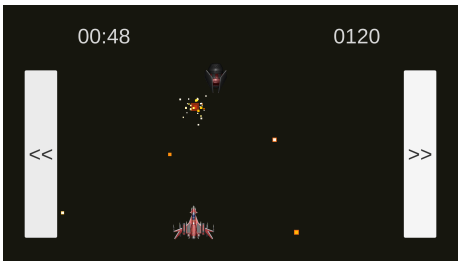
図 3: ゲーム中の効果音と絵柄の挿し替え

3.3.2 歩きスマホを自然に辞めるよう促すゲームシステム

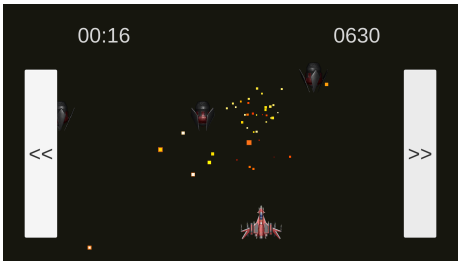
本節では，歩きながらゲームをプレイする際に，プレイに集中するあまり周囲への注意が散漫になる状況を想定する．一例としてシューティングゲームアプリケーションを開発した．コンテンツに対する満足度を保つためにゲームのプレイ自体を阻害しない．歩行中にプレイしているならば，敵からの弾幕を強化しプレイ困難な難易度に変化するゲームシステムを導入した．変化後はユーザにとって，「手応えがある難易度」ではなく「非常に難しい難易度」に調整する．このゲームシステムによって歩行中に高スコアの獲得は困難になる．ゲーム内で高スコアを狙うユーザは有利な状況下でプレイするために，自然に歩かずにプレイするようになると考えられる．

本ゲームアプリケーションでは歩行中であるかを認識する，認識にはスマートフォンに搭載されている加速度センサを用いる．歩行中に取得した加速度センサのデータは，歩行時の振動により値の増減が大きくなる．この特性を利用し，センサデータの分散値を算出し歩行の有無を認識する．

歩行中であると認識した場合は，歩行中でないと認識した場合と比べ，敵の生成数と敵の弾発射レートが 4 倍となる（**図 4**）．



(a) 静止中のゲーム画面



(b) 歩行中のゲーム画面

図 4: 歩行の有無によるゲーム難易度の変更

4. ユーザの端末操作を妨げず自動車の接近を通知するシステム

本稿では，貪欲指向を踏まえた具体例として，新たに自動車の接近を通知するシステムを開発した．本システムでは屋外でスマートフォンを使用しているユーザが画面に集中するあまり自動車の接近に気が付かない状況を想定す

る．また貪欲指向に則り，コンテンツの満足度を低下させないために，スマートフォンの画面の視認性やコンテンツの操作性を劣化させない通知手法を検討する．

4.1 画面の視認性とコンテンツの操作性を劣化させない通知手法

スマートフォンの画面の視認性やコンテンツの操作性を落とさずに，ユーザに自動車の接近を通知するために，半透明な自動車マーク画像をあらゆる画面状態の上に重ねて表示する手法を採用した．他に，音や，スマートフォンのバイブレーション機能を使用した通知手法が考えられる．しかし，スマートフォンを使用しているユーザの注意が最も集まっているのはスマートフォンの画面である．そのため画面内に視覚情報として通知する手法が最も効果が高いと考える．

4.1.1 システムアラートレイヤに画像を表示

視覚情報として通知する場合，スマートフォンの画面の視認性やコンテンツの操作性の劣化が想定される．スマートフォンの画面の視認性や端末の操作性の劣化を抑えた通知手法として **図 5** の自動車マーク画像を半透明にして，をあらゆる画面状態の上に重ねる手法を採用する（**図 6**）．AndroidOS の画面は複数のレイヤによって構成されている．通常，アプリケーションの情報が表示されるレイヤはアプリケーションレイヤである．しかし，アプリケーションから任意のレイヤに情報の表示が可能である．これを利用し，自動車マーク画像はアプリケーションレイヤよりも上層のシステムアラートレイヤに表示する．実際にユーザがアプリケーションを操作するレイヤはアプリケーションレイヤであるため，コンテンツの操作性を一切劣化させずに通知が可能になる．

図 5: 使用する通知用画像

4.2 自動車の接近度合いによる危険度の生成

本システムでは，自動車の接近度合いの指標として危険度の生成を行う．自動車の接近検出にはスマートフォンに搭載されているマイクを用いる．周囲の音を録音し周波数解析を行い，自動車の走行音とみられる周波数帯のパワースペクトルの上昇を検出する．検出中は自動車の接近度合いの指標として危険度を生成し，それを基にユーザへ通知する．

(a) ゲームアプリ上での動作　(b) SNS アプリ上での動作

図 6: あらゆる画面状態で動作

4.2.1 危険度の生成を行うアルゴリズム

自動車の接近度合いを基に危険度を生成するアルゴリズムのフローチャート図を **図 7** に示す．自動車の接近検出にはスマートフォンに搭載されているマイクを用いる．サンプリング周波数 8000Hz で周囲の音を録音する．自動車の走行音は 1000Hz 周辺の周波数成分を多く含む [12]．そのため 300Hz から 500Hz と，1000Hz から 1200Hz の 2 種類の周波数帯域を判定に使用する．FFT（fast Fourier transform）を用いて，データ点数 512 個で周波数解析を行い，上記の 2 種類の周波数帯域を抽出する．自動車が接近してくる場合，1000Hz から 1200Hz の周波数帯域が先に上昇を始める傾向がある．そのためその帯域のパワースペクトルが上昇を始めた時点から危険度の生成を行う．その後 300Hz から 500Hz の周波数帯域のパワースペクトルが上昇を始めた場合自動車が接近中であると判定し，生成した危険度を基にユーザへ通知する．

パワースペクトルの上昇は Epsilon Tube[13] を用いて検出する．Epsilon Tube では，現在値を移動平均に閾値を加えた値で追従する．現在値が移動平均に閾値を加えた値を上回った時点を，自動車の接近の始まりとする（**図 8**）．移動平均は過去 1 秒分のデータを用いる．また閾値は，静音環境下でパワースペクトルの増減を計測し，0.025 に設定した．

4.2.2 風切り音による誤判定の除去

このシステムを屋外で使用する際，マイクに風が当たり誤判定が発生する．その対策として風切り音か否かを判定するアルゴリズムを導入した．アルゴリズムのフローチャート図を **図 9** に示す．リアルタイムで取得した音響データの周波数解析後の結果を，最大値 1，最小値 0 になるよう正規化したデータと，予め録音したノイズデータの相関係数を計算する，相関係数には閾値を設け，風切り音であるか否かの判定を行う．ここで指すノイズデータとは，ユーザがスマートフォンのマイクに対して息を吹きかけた際の音響データに，周波数解析を行い，最大値 1，最小値 0

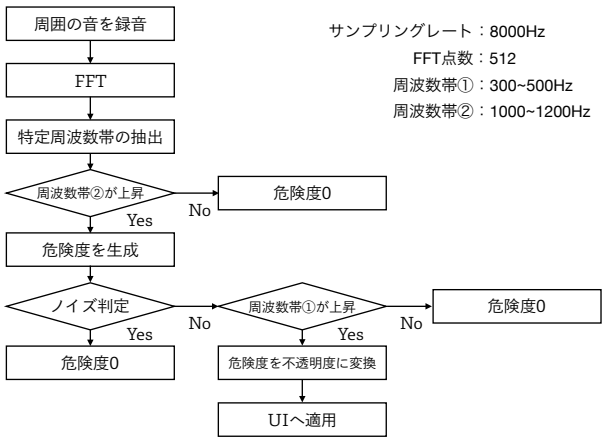


図 7: 自動車の接近度合いを通知するアルゴリズムのフローチャート

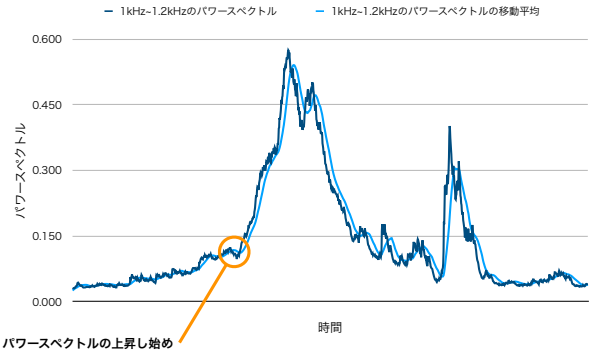


図 8: EpsilonTube を用いてパワースペクトルの上昇し始めを検出する

になるよう正規化したデータである．システム初回起動時にノイズデータを取得し以後の判定に使用する．また，サンプリングレートと FFT に使用するデータ点数については 4.1.1 節と同様である．閾値については，屋外で録音した，風切り音が混じった走行音の音源を用いて，実験的に適切な値を調査した．その結果，0.75 が最も正確に判定されため，この値を閾値として設定した．

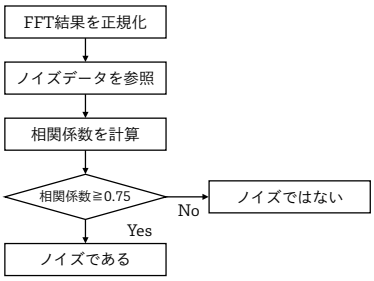


図 9: 風切り音を判定するアルゴリズムのフローチャート

4.3 画面の視認性と通知画像の不透明度の関係の調査

通知用の自動車マーク画像の不透明度には上限を設ける．不透明度を高く設定すれば画面内の視認性が劣化する．逆に不透明度を低く設定すれば，そもそも通知に気が付かないという事態が想定される．そのためユーザが通知に気づき，かつ視認性の劣化を最低限に留める不透明度を設定する必要がある．そこで 10 名に対しアンケートを実施し，通知に気付いた不透明度と，画面内のコンテンツを見る際に邪魔に感じる不透明度を調査した．

4.3.1 調査方法

アンケート調査には**図 10** に示す，ブラウザ上で自動車マーク画像の不透明度を変化させるアプリケーションを使用した．被験者はウェブ記事を読んでいる．この時，1 秒ごとに自動車マーク画像の不透明度を 0.0039%上昇させる．被験者は自動車マーク画像の存在に気付いた時点と，ウェブ記事を読む際に，読みづらいと感じた時点で回答ボタンをタップし，その時点の不透明度を得る．

図 10: アンケートに使用したアプリケーション

4.3.2 結果と考察

このアンケートの結果を**図 11**, 12 に示す．通知に気付く不透明度は 3%以上 4%未満が最も多く，通知が邪魔に感じる不透明度は 30%以上 40%未満が最も多いという結果が得られた．よって，画面内の視認性を劣化させずに通知が可能な自動車マーク画像の不透明度は 3%から 39%の間であると考える．しかし，本稿で実施したアンケート調査では，背景色が白色のウェブ記事のみであり，他の背景色によっては結果が異なると推測される．今回は，不透明度の下限を 3%，上限を 39%に設定し，自動車の接近度合いに応じで不透明度を変化させる．

4.4 自動車の接近検出手法の評価と考察

本システムを実際に路上で使用し，普通自動車と軽自動車 20 台に対して，すれ違う何秒前に通知が表示されるかを，動画を用いて計測した．その結果，本システムに使用した自動車の接近検出手法では，最大 2.9 秒前，平均 1.4 秒前に通知が表示された（**図 13**）．

人が自動車の運転中に，前車のブレーキランプの点灯を認識してから，自身がブレーキペダルを踏むまでに 1.25 秒

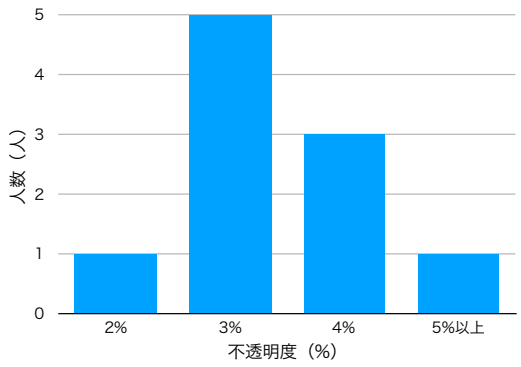


図 11: 通知に気付く不透明度

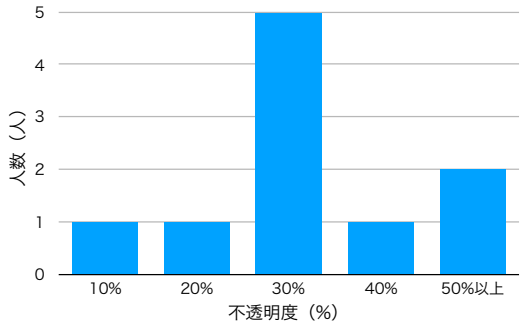


図 12: 通知が視認性を妨げると感じる不透明度

かかると言われている [14]．これが歩行者にも当てはまるとする．背後からの自動車の接近時に，振り返って自動車を目視し，横に 1 歩ずれるという回避行動を取った場合に，2 秒程度かかると考えると，最低でも 3 秒前には通知される必要がある．よって，すれ違う 1.4 秒前という結果は，通知を見てから回避行動を取るには不十分な時間であると言える．原因としては，マイクから取得した周波数帯域の細かな増減を抑えるために移動平均を算出するといった，冗長な処理が考えられる．このような，アルゴリズムの冗長な処理を見直し，安定して 3 秒以上前から通知されるように改善する必要がある．

図 13: 自動車接近の通知が表示される様子

4.5 自動車接近の危険回避を促すゲームデザイン

本章で開発したシステムをコンテンツへ応用し，自動車接近の危険回避を促すゲームデザインを提案する．このゲームデザインの，危険・迷惑性の解消とコンテンツの満足度の関係は，3 章の図 2 に示す関係 3 に該当する．自動車の接近という危険を回避する行為にゲーム性を与え，ユーザの回避行動を促す．一例として，ユーザが接近してくる自動車に対して回避行動を取り始めるまでの時間の速さを競うゲームという案を考えた．自動車の接近を通知するマークが表示されると，ユーザはすぐに回避行動を取る．通知が表示されてから何秒後に接近してくる自動車を回避したか，その回避行動までの時間が速いほど高スコアとなる．

本節で提案するゲームデザインで認識する，接近する自動車に対する回避行動を述べる．回避行動を取る際には自動車との接触の可能性を断つために，車道から離れるように数歩ずれる動作が想定される．ユーザが自動車の接近を目視した際に，既に自身が安全地帯に居ると判断を下せば，それ以降，上記のような回避行動は取らないと考えられる．さらに，自動車の走行音などによって自動車の接近に潜在的に気付いており，かつ既に自身が安全地帯に居る場合，目視や回避行動は取らないと考えられる．以上より，顔を上げる，振り向くという自動車を目視する動作と，車道から離れるように横に何歩かずれる動作を認識する．また，ユーザが既に安全地帯に居り，目視や回避行動の必要がない場合は，スマートフォンを振る動作で，ユーザが既に危険を回避している状態をゲーム側へ伝える．

ユーザが接近する自動車に対して，実際に回避行動を取ったかを認識する手法を以下に記す．自動車を目視するために，顔をあげる動作の認識には，スマートフォンに搭載されるインカメラを用いる．スマートフォンを使用していユーザの顔を，インカメラで認識し，顔の動きを認識する．自動車の接近に伴い顔を上げる，または振り向いた場合，ユーザは回避行動のために自動車を目視しようとしたと推定される．また，自動車を目視するために，身体の回転を伴い振り向く動作の認識は，加速度センサや角速度センサを用いる．振り向く動作によって身体が回転する様子をセンサで認識する．自動車の接近に伴い振り向く動作をしたならば，ユーザは回避行動のために自動車を目視しようとしたと推定される．車道から離れるように横へ何歩かずれる動作の認識には，スマーフォンに搭載される加速度センサを用いる．1 歩ごとの進行方向を推定するアルゴリズムについては，既に研究されている [15]．自動車の接近に伴い数歩横にずれる動作をしたならば，ユーザは回避行動を取ったと推定する．ユーザが既に安全地帯に居る際のスマートフォンを振る動作の認識には，加速度センサを用いる．端末を振る動作によって，センサから得られる値の激しい増減が考えられる．この特徴を利用し，ユーザが端

末を振る動作を認識する．

本節で提案するゲームはあらゆるコンテンツの上でプレイが可能である．本章で開発したシステムは，あらゆる画面状態の上で動作する汎用性がある．そのため，ユーザがどのようなコンテンツを使用している時でも，バックグラウンド上で自動車の接近やユーザの回避行動を認識できる．

本節で提案したゲームの発展として，プレイ中に自動車の接近を視覚情報として通知しないバリエーションも検討している．この場合，ユーザが自動車の走行音のみに反応して回避行動を取らねばならい．最終的に，ユーザがコンテンツを使用している際に，周囲の自動車に常に気を配る状態への誘導が可能になると考える．

5. おわりに

本稿では，モバイル環境におけるコンテンツの使用が原因となる危険・迷惑行為を緩和するために，貪欲指向を用いてコンテンツを適応的に変化させるシステムデザインの方針の提案した．貪欲指向とは，コンテンツが持つ危険・迷惑性とコンテンツに対する満足度が両立した状態を指す．また，貪欲指向を用いたコンテンツを適応的に変化させるシステムデザインの具体例として，自動車の接近をコンテンツの操作性と視認性を劣化させずに通知するシステムを開発し，ゲームへの応用例を提案した．

今後は，開発したシステムがユーザに与える行動変容の効果の検証を行う. また本稿で取り上げた危険・迷惑行為以外の危険・迷惑行為を対象とするシステムデザインに ついても検討していく.

参考文献

[1] Pokemon GO, http://www.pokemongo.jp
[2] 小塚一宏: 歩行中・自転車運転中の”ながらスマホ”時の視線計測と危険性の考察, Fundamentals Review Vol.10 No.2, pp.129-136, 2016.
[3] 警察庁: やめよう！運転中のスマートフォン・携帯電話等使用, https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/keitai/info.html
[4] 一般社団法人 日本民営鉄道協会: 平成 29（2017）年度 駅と電車内の迷惑行為ランキング, http://www.mintetsu.or.jp/activity/enquete/2017.html
[5] 株式会社 NTT ドコモ: 歩きスマホ防止の新たな取り組みについて, https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2013/12/03_00.html
[6] KDDI 株式会社: 歩きスマホ注意アプリ, https://www.au.com/mobile/service/smartphone/safety/aruki-sumaho/
[7] ソフトバンク株式会社: STOP 歩きスマホ, https://www.softbank.jp/mobile/service/stop-arukisumaho/
[8] 根岸 匠, 田中 二郎, 神場 知成: ”ながらスマートフォン”防止システムの開発, 情報処理学会第 76 回全国大会, pp.301-302, 2014.
[9] トヨタ自動車株式会社, 株式会社コメダ, KDDI 株式会社: アプリ「Driving BARISTA」を活用した、「ながらスマホ運転」事故防止プロジェクトの状況報告, https://newsroom.toyota.co.jp/jp/detail/13869341
[10] 土井 敦士, 中 久治, 根岸 佑也, 梶 克彦: 楽曲聴取の満足感と音漏れ抑制を両立する手法の検討, 情報処理学会研究報告，Vol.2017-MUS-115 No.58, pp.1-4, 2017.
[11] 中 久治, 根岸 佑也, 梶 克彦: スマートフォンを用いたイヤホン音漏れ測定手法, 情報処理学会第 78 回全国大会, pp.479-480, 2016.
[12] 旭 健作: 走行音による接近車両の検出に関する研究, 名城大学理工学部研究報告, No.49, 2009.
[13] 村尾 和哉, 寺田 努: 加速度センサの定常性判定による動作認識手法, 情報処理学会論文誌 Vol.52 No.6 pp.1968-1979, 2011.
[14] 一般社団法人日本自動車連盟: 運転中の危険予知の重要性, http://www.jaf.or.jp/eco-safety/safety/kyt/important.htm
[15] 清水 祥吾, 伊藤 信行, 内藤 克浩, 中條 直也, 水野 忠則, 梶 克彦: 加速度平面成分を用いた 1 歩ごとの進行方向推定, DICOMO2017, pp.38-43, 2017.