

# スポーツイベントにおける帰宅分散実現のための 行動分析と情報提示手法

福間 愛富<sup>1,a)</sup> 土田 修平<sup>1,b)</sup> 西山 奈津美<sup>2</sup> 田中 真一<sup>2</sup> 工藤 亮<sup>3</sup> 幸田 健介<sup>3</sup> 益子 宗<sup>3</sup>  
寺田 努<sup>1,c)</sup> 塚本 昌彦<sup>1,d)</sup>

**概要：**新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、イベント開催時の混雑緩和は重要な課題となった。現在、入場制限などの方法で混雑緩和が図られているが、帰宅時に人が集中することが問題になっている。そのため、イベント参加者の退出時間や退出ルートを強制的に分散させる手法で帰宅分散が行われているが、このような強制は観客の不満につながってしまう。そこで本研究では、プロサッカーチーム「ヴィッセル神戸」のホームスタジアムであるノエビアスタジアム神戸を対象に、イベント終了後にスマートフォンアプリケーションを通じた情報提示を行うことで、イベント参加者の無意識での帰宅分散の実現を目指す。まず事前調査として、新型コロナウイルスの感染拡大後に開催されたリアルイベント参加者に対するアンケート調査と、KDDI Location Analyzer を活用したスポーツイベントの帰宅行動分析を行い、次にこれらの分析結果を踏まえた混雑緩和手法の考案および提案アプリケーションのデザインを行い、このアプリケーションが帰宅分散に寄与することを実証実験で確認した。

## 1. はじめに

2020年に感染拡大が本格化した新型コロナウイルス(COVID-19)により我々の生活様式は変化し、感染拡大防止のため三密(密集, 密接, 密閉)を避けた行動が求められている。スポーツ観戦, コンサート・ライブといった、多人数が一堂に会するイベントにおいては感染対策として、飲食や大声の制限, 来場者の検温や健康チェックなどの対策が行われているが、特に混雑の緩和が重要な課題となっている。現在、入場人数の制限等で混雑緩和を図っているが、それでも帰宅時に人が集中することが問題になっている。そのため、イベント参加者の退出時間や退出ルートを強制的に指示して分散させる手法で帰宅分散が行われているが、このような手法はイベント参加者の不満につながる可能性がある。

そこで本研究では、プロサッカーチーム「ヴィッセル神戸」のホームスタジアムであるノエビアスタジアム神戸を対象に、イベント終了後にスマートフォンアプリケーションを通じた情報提示を行うことで、イベント参加者の無意

識での帰宅分散の実現を目指す。そのための事前調査として、帰宅行動に影響する要素の検討のために2種類の調査を行った。一つ目は、COVID-19感染拡大後に開催された、実際に会場に足を運んで参加する形態のイベント(以下、リアルイベント)の参加者に対するアンケート調査である。この調査により、各イベントの開催状況や混雑状況、帰宅分散指示の影響、帰宅行動の傾向などが明らかになった。二つ目は、KDDI Location Analyzer(KLA)[14]を活用したスポーツイベントの帰宅行動分析である。KLAとは、KDDIのスマートフォン利用者の位置情報から、指定したエリア内の滞在人口を推計するシステムである。この調査により、スポーツイベント参加者がどのような帰宅行動をとっているか明らかになった。次に、これらの結果を踏まえた混雑緩和手法の考案および提案アプリケーションのデザインを行い、実証実験を行った。なお本論文は、文献[1][2]における筆者らの分析内容の一部を掲載し、かつ実証実験や議論を追加したものである。

## 2. 関連研究

これまで、さまざまな混雑緩和手法が検討されてきた。山下らは、歩行者シミュレータ CrowdWalk とシミュレーションコントローラ PRACTIS を用いて関門海峡花火大会を対象とした混雑計測および混雑予測を行い、ウェブサイトを通じた混雑情報の提示、プロジェクトマッピング

<sup>1</sup> 神戸大学

<sup>2</sup> 株式会社デンソーテン

<sup>3</sup> 楽天モバイル株式会社

a) atomu-fukuma@stu.kobe-u.ac.jp

b) tuchida@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

d) tuka@eedept.kobe-u.ac.jp

を用いた誘導などを行った [3]。しかしこの研究では、屋外大規模イベントにおける誘導計画の効率性や安全性を定量的に検討することを目指しており、直接的に混雑緩和することを主目的としているわけではない。また、混雑緩和が実際の程度行えたのかについては示されていない。

混雑情報の提示による混雑緩和に関して、轟らは通勤時間帯に電車の混雑車両情報を提示した場合の乗車選択行動モデルを構築し、「混雑率」と「情報提供場所からの移動距離」が車両選択に影響を与えること、朝ラッシュ時の方が混雑情報提示の効果が大きいこと、混雑情報提示時に車両間の混雑率のばらつきが小さくなることを示した [4]。

ルートガイドやスケジュール提示による混雑緩和例として、轟らは東山動物園を対象に、園内施設の仕様や入園者数、来園者の行動パターンから次に訪れる施設を指示するガイドを導入した場合、来園者の待ち時間を減らせることをシミュレーションによって示した [5]。清水らは、大規模イベント会場における来場者へのスケジュールの提示による会場全体の混雑緩和を行い、シミュレーション評価によりスケジュール最適化が全体の混雑緩和に貢献することを示した [6]。これらの研究では、混雑緩和においてルートガイドやスケジュール提示が有効であることが示された。

観光客やイベント参加者の誘導に関して、Shen らはユーザの状況に応じてルートプランを作成し、ルートカスタマイズビューから特定のスポットを選択するようにユーザを誘導する観光用ナビゲーションシステムを提案した [7]。片山らは、公園や遊園地などのポイント巡回型の施設を対象に、主催者の意図を考慮した経路推薦機構をもつナビゲーションシステムを提案し、提案システムによって参加者は主催者の目的に沿って行動することを示した [8]。これらの研究では、情報提示によってイベント参加者の行動を意図した方向に変化させられることが示された。

その他の例として、川崎らは混雑した電車の車両に乗る場合に追加料金を払わせることで車両間の混雑を平準化できる可能性を示した [9]。納谷らは、イベント会場で実施されている行動介入を観測し、行動介入が行われている分岐路での各経路に向かう人数比率の時間変化を記録した [10]。観測結果を元に現状の行動介入手法による効果について考察し、混雑緩和に有効だと考えられる手法を検討した。

混雑緩和に応用可能な行動変容の研究として、双見らは時刻表情報を適切に間引くことで、乗り損ねの損失を大きく見せ、早めの駅・バス停到着を促せることを明らかにした [11]。清水らは、フレーミング効果や拡張形成理論を利用して選択行動の多様化を図った [12]。その結果、ネガティブなフレーミングにより選択行動が偏ることを示した。

現在情報提示による混雑緩和手法は、混雑情報提示とルートガイドの提示によるものが多く、筆者らの知る限り上記の混雑緩和手法以外は検討されていない。そして、以上の研究は、実際にどの程度混雑が緩和できたかを検証に

表 1 各イベントの回答者数

	男 [人]	女 [人]	合計 [人]
スポーツ	102	27	129
演劇・演芸	28	34	62
コンサート・ライブ	43	29	72
映画鑑賞	111	126	237

表 2 イベント別の混雑度 (イベント中, 会場退出時)

	イベント中		会場退出時	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
スポーツ	2.5	0.9	2.9	0.8
演劇・演芸	2.5	1.0	2.8	0.9
コンサート・ライブ	2.2	0.9	2.5	1.0
映画鑑賞	2.0	0.9	2.3	0.9
スポーツ以外平均	2.1	0.9	2.4	0.9

より評価しているものではない。また、人流解析など定量的な分析の結果のみを手法に反映しており、イベント参加者の心理的側面を反映しきれていない可能性がある。そして、スポーツイベントに関しては、帰宅行動の定量的な分析結果も示されていない。そこで本研究では、定量的な帰宅行動の分析結果および定性的な分析結果 (イベント参加者の心理的側面など) の両方から混雑緩和に寄与する要素を検討し、その結果を踏まえて混雑緩和手法を考案する。また、提案手法を実証実験により評価する。

### 3. 帰宅行動に関するアンケート調査

混雑緩和に寄与する要素を検討するための調査として、2020 年 4 月以降 (COVID-19 感染拡大後) に開催されたイベント参加者へのアンケート調査を行った。この調査は、楽天インサイト株式会社を通じたオンラインのアンケート調査であり、500 人から回答を得た。調査対象としたイベントは、スポーツ、演劇・演芸、コンサート・ライブ、映画鑑賞の 4 種で、実際会場に足を運びイベントに参加した人のみを対象とした。各イベントの回答者数を表 1 に示す。

#### 3.1 各イベントの開催状況、混雑状況

図 1 に、回答者が参加したイベントの会場に、どの程度の人がいたかを示す。赤い枠で囲われているのは、1000 人以上入場していたイベントが占める部分である。スポーツイベントでは 6 割以上のイベントで 1000 人以上の参加者がいたのに対し、他 3 種のイベントでは 1000 人未満の参加者で開催されている場合が大半である。また、イベント別の混雑度の調査結果を表 2 に示す。混雑度とは、イベント中および会場退出時にどれだけ混雑していたかを、混雑していた、少し混雑していた、あまり混雑していなかった、混雑していなかったの 4 段階で評価してもらったものの平均値である (最大 4, 大きいほど混雑)。イベント中、会場退出時の混雑度はそれぞれ、スポーツイベントで 2.5, 2.9, スポーツ以外のイベントで平均 2.1, 2.4 であった。

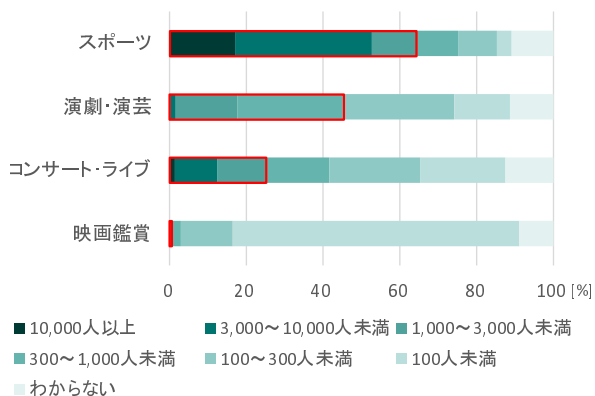


図 1 イベント会場の入場者数

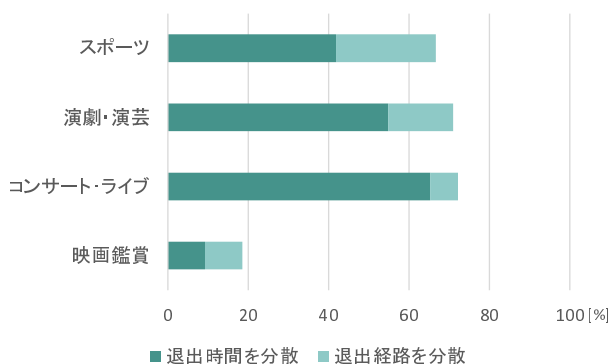


図 2 帰宅分散指示を受けた人の割合と指示内容

### 3.2 帰宅分散指示の影響

1章でも述べたように、現在多くのリアルイベントで強制的な混雑緩和として帰宅分散が指示されているが、その実施状況や影響は定かではない。そこで、まず帰宅分散指示を受けた人の割合とその指示内容を調査した。図 2 に示す結果から、映画鑑賞以外の 3 種のイベントではおよそ 7 割の人が帰宅分散の指示を受けていた。またその 3 種のイベントでは、平均 74% のイベントで退出時間を分散させる手法がとられていた。

次に、帰宅分散指示を受けた際の不満度を表 3 に示す。不満度とは、通常通り帰宅できないことに対してどれだけの不満を抱いたかを、不満はなかった、あまり不満はなかった、少し不満があった、不満があった、の 4 段階で評価させたものの平均である (最大 4、大きいほど不満)。帰宅分散の指示を受けた経験がない人には、参加したイベントにて帰宅分散指示を受けた場合を想定して通常よりどの程度不満を感じるかを回答させた。各イベントの不満度を比較すると、帰宅分散指示経験の有無に関わらずスポーツイベント参加者の不満度が高い傾向がある。また、性別では男性の方が不満度が高い傾向がある。

次に、帰宅分散指示に対して、不満があった、少し不満があった、あまり不満はなかったと回答した人 (136 人) を対象に、帰宅分散指示の不満を金銭的な補償により受け入れる場合の価値を調査した。実際は帰宅分散指示を受けて

表 3 属性別の不満度 (帰宅分散経験別)

	経験あり		経験なし	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
スポーツ	2.0	0.8	2.5	0.9
演劇・演芸	1.6	0.7	2.2	0.8
コンサート・ライブ	1.5	0.8	2.2	1.0
映画鑑賞	1.9	0.7	1.9	0.9
スポーツ以外平均	1.7	0.8	2.0	0.9
男	1.9	0.8	2.2	0.9
女	1.7	0.7	1.9	0.8

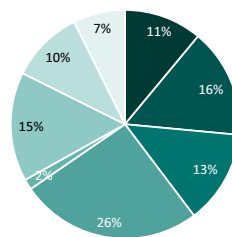


図 3 補償額 (帰宅分散経験有)

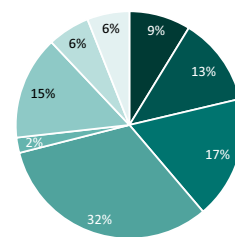


図 4 補償額 (帰宅分散経験無)

表 4 不満無く会場に待機できる時間

	待機できる時間 [分]	標準偏差
スポーツ	16.3	9.7
演劇・演芸	12.7	8.1
コンサート・ライブ	13.7	8.4
映画鑑賞	10.9	7.2
スポーツ以外平均	11.3	7.4
男	12.4	8.1
女	11.7	7.9

いない人 (183 人) には、30 分の会場待機指示を受けたと仮定して回答させた。結果を図 3、図 4 にそれぞれ示す。帰宅分散経験の有無に関わらず、65% 以上の人が 500 円以下の補償額で納得できると回答した。補償額の平均額は、帰宅分散の経験がある人で 554 円、帰宅分散の経験がない人で 509 円であった。

さらに、帰宅分散指示を受けていない人を対象に、帰宅する際の混雑を回避するため、イベント終了後会場に留まるとした場合、何分までなら不満無くその場に待機できるかを調査した。表 4 に示す結果から、スポーツイベントは他のイベントと比較して、混雑回避のために待機できる時間が長い傾向があった。また、性別では、男性の方が待機できる時間が長い傾向があった。

### 3.3 帰宅行動の傾向

イベント終了後の帰宅行動に影響する要素を調査することは、混雑緩和手法を検討する上で非常に重要だと考えられる。本研究ではまず、実験対象とするノエビアスタジア



図 5 帰宅行動選択用に提示した画像

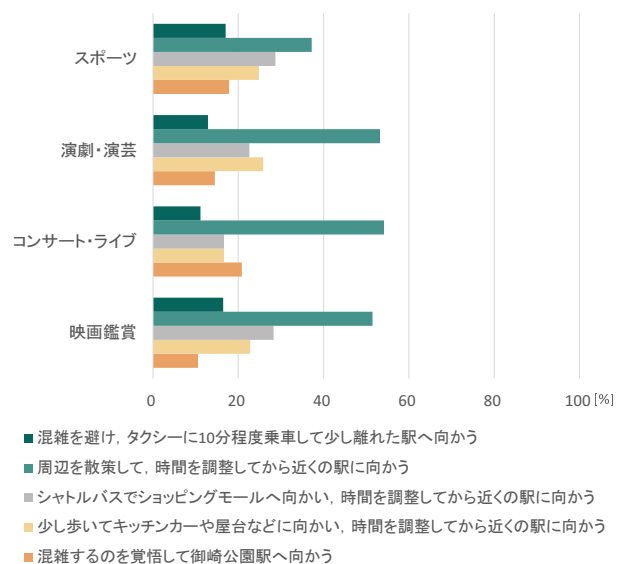


図 6 選択した帰宅行動（イベント別）

ム神戸でサッカーを観戦した場合、ノエビアスタジアム神戸の周辺情報マップ(図 5)が提示されている際にどのような帰宅行動を取るか調査した。この調査では、できるだけ試合開催時の状況に近づけるため、「神戸市営地下鉄を利用して帰宅すること」「和田岬駅で入場規制が行われていること」「御崎公園駅が混雑していること」という条件を設定したうえで、以下の選択肢の中からどの行動を取るか調査した。選択肢は複数選択可とした。

- (1) 混雑するのを覚悟して御崎公園駅へ向かう
- (2) 少し歩いてキッチンカーや屋台などに向かい、時間を調整してから近くの駅に向かう
- (3) シャトルバスでショッピングモールへ向かい、時間を調整してから近くの駅に向かう
- (4) 周辺を散策して、時間を調整してから近くの駅に向かう
- (5) 混雑を避け、タクシーに 10 分程度乗車して少し離れた駅へ向かう

調査結果を図 6 に示す。最も多い回答は(4)の平均 48%、次いで(3)の平均 26%、(2)の平均 23%であった。(1)を選択した人は最も少なく、平均 14%であった。

次に、ノエビアスタジアム神戸でのサッカー観戦後に、御崎公園駅の混雑を回避するために時間を潰す場合、どのような施設・イベントに立ち寄りたかを調査した。この調査では地図や条件は示していない。選択肢は、ノエビアスタジアム神戸周辺で選択できる、ショッピングモール、飲食店(屋内)、キッチンカー・屋台(屋外)、サッカー関連物販コーナー、サッカー関連体験コーナー、公園の 6 種で、複数選択可とした。結果を図 7 に示す。ショッピングモールで時間を潰すと回答した人が全てのイベント参加者に共通して最も多く、平均 63%であった。次いで公園が平均 39%、飲食店(屋内)が平均 36%であった。

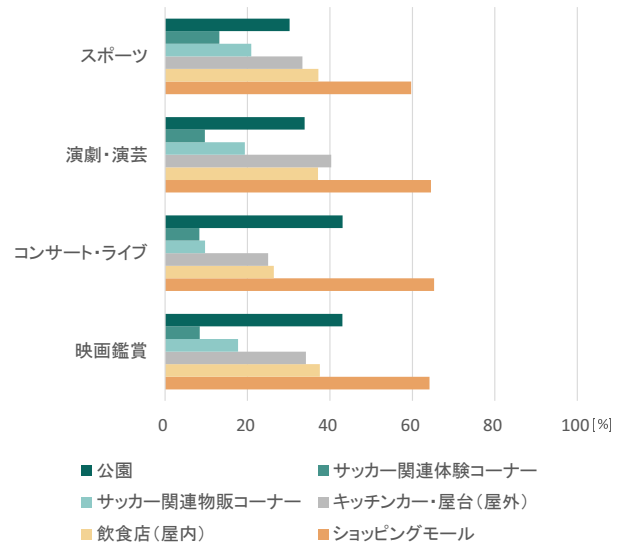


図 7 選択した施設・イベント（イベント別）

### 3.4 帰宅行動に関するアンケート調査の考察 各イベントの開催状況、混雑状況について

コロナ禍で入場制限が行われているイベントが多いが、もともと会場が大きく、参加者間の距離が取りやすいことなどから、スポーツイベントの参加者は多くなっていると考えられる。また他のイベントと比較して、会場退出時の混雑度がイベント中の混雑度より高くなっていることから、スポーツイベントでは会場退出時の混雑緩和の必要性が高いと考えられる。

#### 帰宅分散指示の影響について

スポーツイベントは帰宅分散指示による不満度が高い傾向があった。この理由としてまず考えられるのが、イベント中および会場退出時に他イベントより混雑するというイベントの特性である。また、帰宅分散指示に不満をもちや

すい男性参加者の割合が高いことも影響していると考えられる。一方、スポーツイベント参加者が混雑回避のために待機できる時間は、他イベントに比べ長い傾向があった。これは、イベントの混雑度合いの高さから、混雑回避へのモチベーションが高いことが要因だと考えられる。また、性別での比較では、男性の方が待機できる時間が長いことがわかった。帰宅分散指示による不満度に関する調査結果を考慮すると、男性は待機することに不満を感じているのではなく、帰宅分散を「指示されること」によって不満を感じている可能性が高い。以上のことから、他3種イベントに比べ混雑が大きく、男性参加者が多いスポーツイベントにおいて、情報提示による無意識の混雑緩和を目指す筆者らの取り組みは、混雑緩和効果とイベント参加者に不満を抱かせないことの両面において効果が高いと考えられる。

帰宅分散指示に対しての補償額に関しては、65%以上の人が500円以下の補償額で納得できると回答した。この結果から、イベント後、会場での待機時間等に応じて少額のインセンティブを提供することで混雑が緩和できる可能性がある。また、このインセンティブの額を変化させることで会場に残る人の量を制御する手法や、インセンティブを周辺の施設・イベントで利用可能なクーポンとすることで帰宅経路の分散を図るなどの手法も考えられる。

#### 帰宅行動の傾向について

4.4節で示すが、ノエビアスタジアム神戸でサッカーを観戦した観客のうち、過半数が御崎公園駅和田岬駅のどちらかを利用して帰宅する。そして、観戦後に駅に直行する人(試合開始後150分(試合終了後平均36分後)までに駅を利用すると定義)は、観客のうち30%弱であった。つまり、2駅どちらかを利用して帰宅する観客のうち約半数は試合後駅に直行する。しかし、図6に示したように、回答者が混雑状況や周辺施設・イベントの情報を認識した場合には、駅に直行すると回答した人は14%にとどまる。つまり、混雑情報および周辺情報の提示により、駅に直行する人を減少させられる可能性がある。

時間を潰すための施設・イベントに関する調査において、立ち寄りしたい周辺施設・イベントの選択数が平均2.0個であり、今回示した6種の施設・イベントには一定の誘導効果があると考えられる。また、この調査でショッピングモールを選択した人は全イベント平均63%であったが、帰宅行動に関する調査において、シャトルバスでショッピングモールへ向かうと答えた人は26%であった。同じショッピングモールを選択肢として提示しているにも関わらず、37%の差があり、キッチンカー・屋台においても同様の傾向が見られた。これらから、イベント参加者にとって魅力的な施設やイベントであっても、移動に手間や時間がかかる場合には誘導効果が下がる可能性がある。

## 4. 帰宅行動の定量的分析

スポーツイベント開催時の帰宅行動の傾向を把握するため、KLAの滞在人口情報を用いて帰宅行動分析を行った。KLAは、KDDIのスマートフォン利用者のGPS情報を用いた商圈分析サービスであり、指定した施設・エリアの滞在人口分析、来訪者の属性・居住地分析、通行人口分析などの機能がある。本調査で用いる滞在人口分析では、指定したエリアの毎時0分、30分の滞在人口を、曜日・時間帯別、来訪者、居住者、勤務者、年齢、性別といった属性別に推計できる。またKLAでは、実際の滞在人口を推計するために拡大推計という処理を行っている。これは、KDDIスマートフォンの利用率やGPS情報の利用許諾率を利用し、生のデータから指定した施設・エリアに実際滞っている人数を推計するものである。プライバシー保護の観点から推計に含まれないデータもあるため、推計される人数は実際滞っている人数より少なくなる。

本調査では、毎時0分、30分の滞在人口情報の変化から帰宅行動を分析した。分析対象とした施設は以下の5か所である。

- ノエビアスタジアム神戸
- パナソニックスタジアム吹田
- 阪神甲子園球場
- MAZDA Zoom-Zoom スタジアム広島  
(以下マツダスタジアム)
- 御崎公園駅・和田岬駅  
(ノエビアスタジアム神戸の最寄り駅)

スポーツイベントの帰宅行動に関する全体的な傾向を把握するため、サッカーの試合で使われるスタジアムを2か所、野球の試合で使われるスタジアム・球場を2か所分析対象とした。また、各スタジアム・球場の帰宅行動の傾向を把握するとともに、試合開催時間や試合結果によって帰宅行動が異なるという仮説を検証するため、試合開催時間や試合結果による帰宅行動の差に着目した分析を行った。

### 4.1 ノエビアスタジアム神戸の帰宅行動分析

2019年にノエビアスタジアム神戸で開催されたヴィッセル神戸のホームゲームについて分析を行った。分析対象とした試合は、明治安田生命J1リーグ戦のうち、選手の引退セレモニーが開催された12/7の試合を除く16試合である。表5に試合結果・開催時間別の試合数、試合時間、公式発表の観客数とKLAで集計した観客数を示す。 $D_{win}$ はデーゲームの勝ち試合、 $N_{win}$ はナイターの勝ち試合、 $D_{others}$ はデーゲームの勝ち以外の試合、 $N_{others}$ はナイターの勝ち以外の試合を意味する。ナイターは18時以降に開催された試合と定義した。試合時間、公式発表の観客数、KLAで推計した観客数について、試合開催時間と試



表 5 試合数, 試合時間と観客数 (ノエピアスタジアム神戸)

	試合数	平均試合 時間 [分]	観客数 (公式)[人]	観客数 (KLA)[人]
$D_{win}$	4	112.8	21496	10060
$N_{win}$	3	113.7	21617	9488
$D_{others}$	5	113.8	21342	9530
$N_{others}$	4	115.8	20641	9628
全試合平均	—	114.0	21257	9679

表 6 観客数減少率 (ノエピアスタジアム神戸)

	$D_{win}$	$N_{win}$	$D_{others}$	$N_{others}$
最大-90 分時	0.06	0.05	0.03	0.04
最大-120 分時	0.26	0.32	0.26	0.26
最大-150 分時	0.77	0.81	0.74	0.82

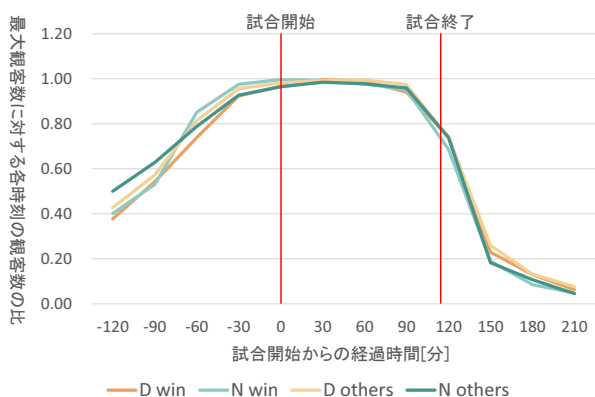


図 8 試合開催時間, 試合結果別の観客数変化 (ノエピアスタジアム神戸)

合結果の 2 つの要因で 2 要因分散分析を行ったところ, 有意差は見られなかったことから, 試合時間や観客数に, 試合開催時間や試合結果による差があるとはいえないことがわかった。

試合開催時間, 試合結果別の観客数変化を図 8 に示す。縦軸は KLA で推計されたノエピアスタジアム神戸の最大観客数とその時間の観客数の比, 横軸は試合が始まってからの経過時間である。どの条件でも, 観客数は試合開始予定時間から 30 分経過したところにピークを迎え, 試合終了が近い 90 分過ぎから減少を始める。どの条件でも観客数の変化にあまり差は無いが, 勝ち試合の方が観客数の減少が若干早い傾向が読み取れる。また, デーゲームよりナイターの方が, 帰宅行動が早い傾向にあることがわかる。次に, 各時間帯の観客数減少率を表 6 に示す。最大-90 分時の減少率は 1 割未満, 最大-120 分時の減少率は 3 割であったのに対し, 最大-150 分時の減少率は 7 割であった。また, 最大-150 分時の観客数減少率について, 試合開催時間と試合結果の 2 つの要因で 2 要因分散分析を行ったところ, 交互作用はなく, 試合開催時間によって有意差があった (最大-150 分時  $F(1,12)=5.58, p<0.05$ )。

以上のことから, ノエピアスタジアム神戸では, ナイター時, デーゲーム時と比べて帰宅行動が早く, 試合終了直後から試合開始後 150 分までの時間帯に多くの観客が会場を後にするが, その差は小さいことがわかる。

表 7 試合数, 試合時間と観客数 (パナソニックスタジアム吹田)

	試合数	平均試合 時間 [分]	観客数 (公式)[人]	観客数 (KLA)[人]
$D_{win}$	2	117.5	25946	14383
$N_{win}$	5	115.8	24917	12270
$D_{others}$	7	117.0	28036	14628
$N_{others}$	3	116.7	32768	16339
全試合平均	—	116.6	27708	14208

#### 4.2 パナソニックスタジアム吹田の帰宅行動分析

2019 年にパナソニックスタジアム吹田で開催されたガンバ大阪のホームゲームについて分析を行った。分析対象とした試合は J1 リーグ戦全 17 試合である。表 7 に試合結果・開催時間別の試合数, 試合時間, 公式発表の観客数と KLA で集計した観客数を示す。試合時間, 公式発表の観客数, KLA で推計した観客数について, 試合開催時間と試合結果の 2 つの要因で 2 要因分散分析を行ったところ, 有意差は見られなかった。以上のことから, 試合時間や観客数に, 試合開催時間や試合結果による差があるとはいえないことがわかった。

試合開催時間, 試合結果別の観客数変化を図 9 に示す。縦軸は KLA で推計されたパナソニックスタジアム吹田の最大観客数とその時間の観客数の比, 横軸は試合が始まってからの経過時間である。どの条件でも, 観客数は試合開始予定時間から 30 分経過したところにピークを迎え, 試合終了が近い 90 分過ぎから減少を始める。しかしその後は,  $D_{win}$  の場合のみ観客数の減少が緩やかであることがわかる。他 3 種の条件では,  $D_{others}$  の場合に少し帰宅行動が緩やかになる程度で, あまり差は無い。そして, 表 8 に各時間帯の観客数減少率を示す。最大-150 分時の観客数減少率が他の時間帯と比較して大きいことがわかる。 $D_{win}$  の場合の減少率は 5 割未満であるのに対し,  $D_{win}$  以外の場合にはおよそ 7 割の人が会場を後にしていることがわかる。また, 最大-150 分時の観客数減少率について, 試合開催時間と試合結果の 2 つの要因で 2 要因分散分析を行ったところ, 試合開催時間と試合結果の交互作用が有意であった ( $F(1,13)=32.39, p<0.01$ )。試合開催時間における試合結果の単純主効果の検定を行ったところ, デーゲームにおいて試合結果による有意差が見られた ( $F(1,7)=95.08, p<0.01$ )。次に, 試合結果における試合開催時間の単純主効果の検定を行ったところ, 勝ち試合時において試合開催時間による有意差が見られた ( $F(1,5)=73.85, p<0.01$ )。

以上のことからパナソニックスタジアム吹田では, デーゲーム時, 試合結果によって帰宅行動が異なり,  $D_{win}$  の

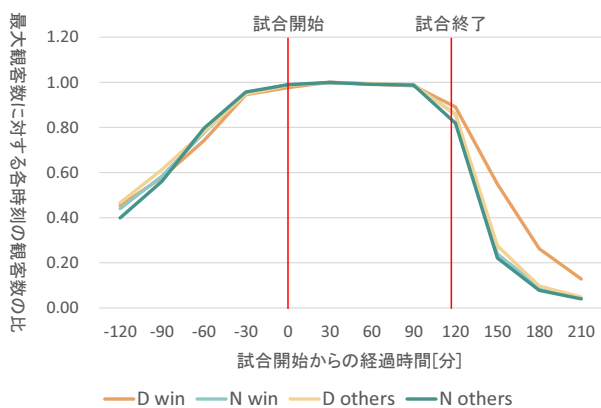


図 9 試合開催時間、試合結果別の観客数変化 (パナソニックスタジアム吹田)

表 8 観客数減少率 (パナソニックスタジアム吹田)

	$D_{win}$	$N_{win}$	$D_{others}$	$N_{others}$
最大-90 分時	0.02	0.01	0.01	0.01
最大-120 分時	0.11	0.14	0.14	0.18
最大-150 分時	0.45	0.73	0.76	0.78

場合に帰宅行動が遅くなることがわかった。また、試合終了直後から試合開始後 150 分までの時間帯に多くの観客が会場を後にすることがわかった。

#### 4.3 阪神甲子園球場、マツダスタジアムの帰宅行動分析

2019 年に阪神甲子園球場で開催された阪神タイガースのホームゲームのうち、試合展開・結果の異なる 4 試合を選び、分析を行った。4 試合はいずれも 18 時開始 (ナイター) で、4 試合の試合結果は 1-0 (接戦・勝ち)、5-0 (大勝)、2-10 (大敗)、0-1 (接戦・負け) である。この分析では、試合展開・結果が上で示した 4 つのうちのいずれかで、試合終了時間が毎時 0 分あるいは 30 分に近いという条件に合致する試合が少なかったため、4 試合の分析にとどめた。図 10 に試合展開・結果別の観客数の変化を示す。野球では試合時間が試合により大きく異なるため、横軸の基準 (0 分) が試合終了時になっていることに注意が必要である。縦軸は KLA で推計された阪神甲子園球場の最大観客数とその時間の観客数の比である。図 10 より、大敗時は試合終了 30 分前から観客数が減少し始めるなど、帰宅行動が早い傾向にあることがわかる。また、接戦時は、勝ち負けに関係なく試合終了間際まで 8 割以上の観客が会場に残るが、その後の帰宅行動は負け試合の方が早いことがわかった。

マツダスタジアムについても同様の分析を行った。4 試合はいずれも 18 時開始 (ナイター) で、3-1 (接戦・勝ち)、5-0 (大勝)、1-10 (大敗)、2-3 (接戦・負け) であった。図 11 に試合展開・結果別の観客数の変化を示す。縦軸は KLA で推計されたマツダスタジアムの最大観客数とその時間の観客数の比、横軸は試合が終了してからの経過時間である。勝ち試合であれば帰宅行動は遅く、負け試合であれば帰宅

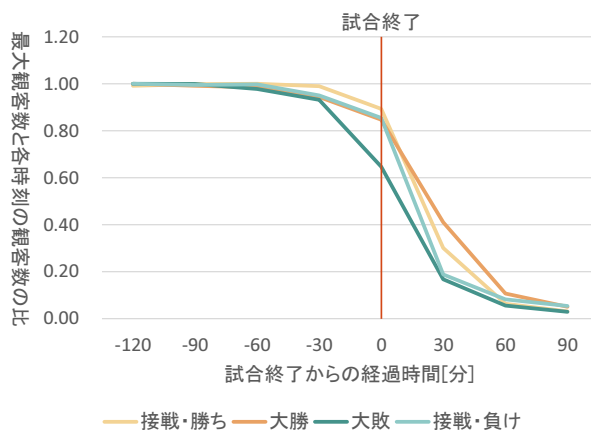


図 10 試合展開・結果別の観客数変化 (阪神)

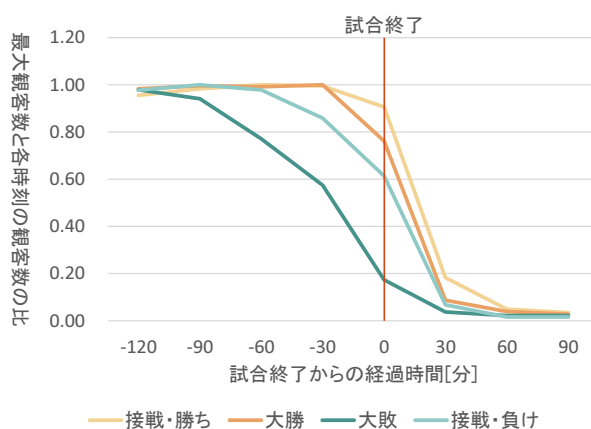


図 11 試合展開・結果別の観客数変化 (広島)

行動は早くなるという傾向があり、特に大敗時に帰宅行動が早くなることがわかった。

#### 4.4 御崎公園駅・和田岬駅の分析

ヴィッセル神戸のホームゲーム開催時、ノエビアスタジアム神戸の最寄り駅である御崎公園駅と和田岬駅について帰宅行動 (駅利用人数) の分析を行った。ノエビアスタジアム神戸の分析で対象とした 16 試合が開催された日を分析対象日とした。サッカー観戦に関係のない利用者を取り除くため、ノエビアスタジアム神戸でイベントが開催されていない同曜日・同時帯の駅利用者数を試合開催日の駅利用者数から差し引いて分析した。表 9 に、試合開始後 90 分を帰宅行動の開始時間と仮定した場合に、各時間までに何割の観客が駅を利用したかを示す。ナイター時には試合開始後 149 分まで (試合終了後平均 33.4 分まで) に、3 割以上の観客が駅を利用していることから、ノエビアスタジアム神戸の結果同様、ナイター時には試合終了後すぐに帰宅する観客が多いことがわかる。また、最終的には半数以上の観客が駅を利用して帰宅していると考えられる。

表 9 累積駅利用者数

	$D_{win}$	$N_{win}$	$D_{others}$	$N_{others}$	平均
119 分まで	0.03	0.06	0.03	0.05	0.04
149 分まで	0.25	0.34	0.23	0.32	0.28
179 分まで	0.45	0.52	0.46	0.50	0.48
209 分まで	0.51	0.59	0.56	0.59	0.56

#### 4.5 帰宅行動分析の考察

図 8 より、来場時の観客数は、試合開始 120 分前から 30 分前の 90 分間で 5 割程度増加するのに対し、帰宅時の観客数は、最も観客数の減少が遅いパナソニックスタジアム吹田の  $D_{win}$  の場合においても、試合終了後の平均 33.4 分間で 4 割以上減少している (図 9)。以上のことから、来場時の混雑より帰宅時の混雑が顕著であり、帰宅時の混雑緩和が特に重要な課題であるといえる。

また表 5 より、公式が発表したノエビアスタジアム神戸の観客数の平均は 21257 人であった。そして、表 9 より、ノエビアスタジアム神戸の観客のうち平均 44% が、試合開始後 120 分から 179 分までの 1 時間に御崎公園駅および和田岬駅を利用していたことから、試合開始後 120 分から 179 分までの 1 時間に 9353 人が実際 2 つの駅を利用したと考えられる。一方、2019 年度の御崎公園駅の乗車人数は 3641 人/日、和田岬駅の乗車人数は 11090 人/日である [13]。このような規模の駅を 1 時間に 9000 人以上の人が利用した場合、混雑が発生することは自明である。

ノエビアスタジアム神戸以外の 3 会場では、試合結果によって帰宅行動が異なる (勝ち以外の試合結果の場合に帰宅行動が早くなる) 傾向が見られた。このような結果となった要因として考えられるのが、試合結果により生じる感情の違いによる行動の変化である。清水らが示したように、ネガティブな感情の場合、リスク回避的な選択が行われやすく、選択の多様性が損なわれることが知られている [12]。このことから、勝ち以外の試合結果の場合にネガティブな感情になり、物販や周辺施設・イベントなどに立ち寄らず、すぐに帰宅するという選択をする人が多くなっていると考えられる。また、ノエビアスタジアム神戸では、帰宅行動に試合結果による影響は見られなかった。この結果については、スタジアムの周辺環境の影響を考慮する必要がある。3 章で示したように、イベント会場の周辺環境は帰宅行動に影響を及ぼす。ノエビアスタジアム神戸周辺には、徒歩で 20 分以上かかる距離にあるイオンモール神戸南を除いては十分なキャパシティと観客を誘導する効果をもつ施設が存在しない。このことから、選択の多様性が損なわれないと考えられる勝ち試合時にも、すぐに帰宅する観客が多かったのだと考えられる。一方、パナソニックスタジアム吹田では、 $D_{win}$  の場合に観客数減少率が低下したが、スタジアム周辺には EXPOCITY、万博記念公園など、昼間であれば (キャパシティ的にも) 十分に人を引き付けることができる施設がある。このような周辺環境の違

いから、2 つのスタジアムにおいて、帰宅行動の差が生じたと考えられる。

## 5. 提案アプリケーション

本章では、以上の分析結果を踏まえた具体的な提案アプリケーションについて述べる。アプリケーション画面を図 12 に示す。以下、アプリケーションの特徴を説明する。**待ち時間に応じたポイント付与・クーポン**

会場内および会場近辺での待機時間に応じてポイントを付与する。この機能は、少額のインセンティブによって帰宅分散を実現できる可能性があるというアンケート調査結果の考察に基づいている。ポイント付与が待機のモチベーションになり、帰宅時間を分散させるだけでなく、ポイントが物販や周辺の飲食店などでも使用できるクーポンと交換できることから、帰宅経路の分散にもつながると考えられる。付与ポイント数にはアンケート調査で得られた帰宅分散指示に対する補償額を反映した。また、メイン画面で待機時間に応じてポイントが付与されることを示し、何分程度待機するかを選択させることで、選択した時間まで待機してポイントを獲得しようというモチベーションを喚起する。

### 時刻表情報・交通機関情報の提示

時刻表情報提示画面を図 12 に示す。双見らは時刻表情報の提示時に、電車の本数を少なく表示することで、早めに駅に到着するよう誘導できることを示した [11]。この手法ではこれを応用し、実際に運行している電車やバスなどの時刻表情報の表示数を増減することで乗り過ぎの安心感を増し、帰宅行動が遅くなるように誘導する。また、試合結果によって帰宅行動が異なるという帰宅行動分析結果に基づいて、試合結果によって提示内容の変更を行う。勝ち試合時は選択の多様性が損なわれないと考えられるため、余裕をもって駅に到着して乗車できる車両の情報のみを表示する。一方、勝ち試合時以外の場合には、ネガティブな感情になり選択の多様性が損なわれると考えられるため、提示する電車やバスの本数を増やし、さらには、待機すると宣言した時間より 10 分後、20 分後に出発した場合の時刻表も同時に表示することで、帰宅行動が多様化するよう誘導する。

### 混雑情報の提示

周辺の混雑状況を認識させることができた場合、御崎公園駅・和田岬駅に直行する人が減少するというアンケート調査結果に基づき、混雑情報を 2 種類の手法で提示する。一つ目は、駅やバス停、タクシー乗り場にたどり着くまでの所要時間で提示する方法 (図 12 「乗車までの予想待ち時間」) である。二つ目は、ライブカメラ映像で提示する手法 (図 12 メイン画面中央付近) である。このライブカメラ映像は、スタジアム周辺の複数箇所に設置したスマートフォンから配信する。これらにより、スタジアム周辺のさ





図 12 アプリケーション画面 (左：メイン画面  
右：時刻表・予想待ち時間提示画面)

さまざまな場所の混雑状況をリアルタイムに提示できる。

### 周辺情報の提示

周辺情報の提示で帰宅経路・時間を分散させることができるというアンケート調査結果に基づき、立ち寄りしたいと回答した人が比較的多かった飲食店を中心に、周辺施設への誘導を行う。図 12 メイン画面下部「特典利用」をタップすると、地図が表示され周辺情報が得られるとともに、会場での待機を通して獲得したポイントを利用できる。

## 6. 実証実験

実証実験では、ノエビアスタジアム神戸に来場した観客に提案アプリケーションを使用してもらい、帰宅行動にどのような変化が起こるかを評価した。今回の実証実験では、会場でのチラシ配布やヴィッセル神戸ホームページでの告知を通してアプリケーションのインストールを呼びかけ、実証実験期間中に 1721 件のインストールがあった。また、各ユーザにアプリケーションの詳細な操作方法を教えることはせず、問合せブースを設置して不明点がある場合には問合せに対応した。実証実験は 2021 年 10 月以降にノエビアスタジアム神戸で開催されたヴィッセル神戸戦 5 試合で行った。ただし、最後の試合は試合後にセレモニーが開催され、帰宅行動が異なるため分析対象外とした。分析対象とした 4 試合の詳細を表 10 に示す。各試合の後にはアプリケーション上でアンケートを実施し、アプリケーションの各機能の利用状況などを調査した。分析対象とした 4 試合のアプリケーション利用者数、アンケート回答者数、帰宅行動を分析するために必要な GPS 情報を取得できた人数を表 11 に示す。

図 13 に実験結果を示す。各グラフは試合開始 120 分時(試合終了直後)にスタジアムにいた観客のうち、何割がスタジアムに留まっていたかを示す。2019  $D_{win}$  は KLA で

表 10 各実証実験日の詳細

	試合開始	結果	観客数 [人]	試合時間 [分]
10/2	15:00	勝ち	7923	118
10/16	16:00	勝ち	11301	117
11/3	16:00	勝ち	11427	116
11/6	15:00	勝ち	11807	115

表 11 アプリケーションの利用状況、データ取得状況

	アプリ 利用数 [人]	GPS ログ 取得数 [人]	アンケート 回答数 [人]
10/2	271	116	131
10/16	326	133	156
11/3	382	136	169
11/6	333	114	153

表 12 各機能の利用率

機能名	利用率 [%]
ポイント付与	92.0
クーポン	84.2
交通待ち時間 (混雑情報)	72.0
時刻表情報・交通機関情報	71.2
ライブカメラ映像 (混雑情報)	63.7

推計した 2019 年のデーゲーム・勝ち試合時(実証実験と同条件)の観客数の推移、観客全体は KLA で推計した実験日の全体の観客数の推移、アプリユーザは全実験日の提案アプリケーションユーザ数の推移を示している。2019  $D_{win}$ 、観客全体のグラフから、試合開始後 150 分時にはおよそ 7 割の観客がスタジアムを後にしており、かつ 2019 年でも 2021 年でも観客の行動は大きく変わらないことがわかる。一方、提案アプリケーションのユーザのうち試合開始後 150 分時までに会場を後にしたのは 4 割弱であったことから、提案アプリケーションが帰宅分散に寄与していると考えられる。

次に、表 12 に各機能の利用率を示す。ポイント付与機能の利用率が最も高く、全ての機能で利用率が 6 割を超えていた。また、クーポン機能の使用・不使用別の観客数の変化を図 14 に示す。クーポン機能を使用しているユーザは、使用していないユーザと比較して、150 分時に会場に待機している割合が 2 割多かった。ポイント付与機能の使用・不使用別の分析結果も同様であった。また、時刻表情報機能の使用・不使用別の観客数の変化を図 15 に示す。時刻表情報機能を使用しているユーザは、使用していないユーザと比較して、140 分時に会場に待機している割合が 1 割多かった。交通待ち時間機能、ライブカメラ映像機能も同様の結果であった。以上の結果から、以上 5 種類の機能にはそれぞれ一定の効果があり、特にクーポン機能、ポイント付与機能の効果が高いと考えられる。

## 7. おわりに

本稿では、スポーツイベントにおける不満のない帰宅分

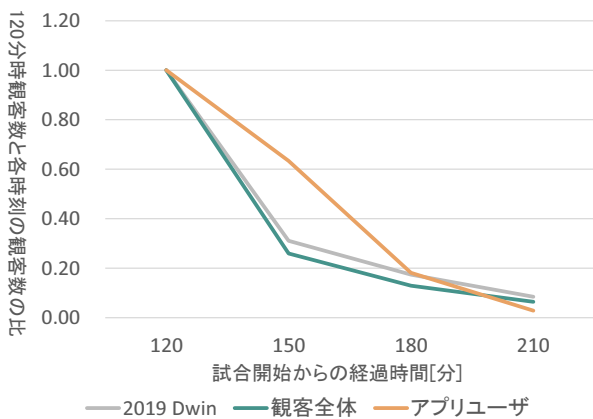


図 13 実証実験結果 (スタジアム観客数の変化)

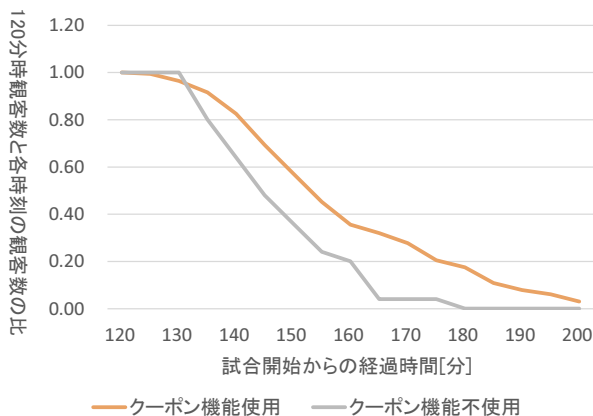


図 14 クーポン利用有無別の観客数の変化

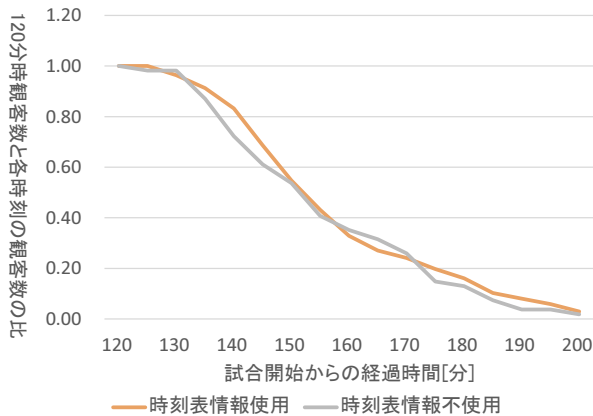


図 15 時刻表情報機能利用有無別の観客数の変化

散を実現するために、まずコロナ禍に開催されたリアルイベント参加者に対するアンケート調査結果を示し、各イベントの開催状況や混雑状況、帰宅分散指示の影響、帰宅行動の傾向に関する考察を行った。この中で、情報提示による暗黙的な帰宅分散がスポーツイベントにおいて特に有効であると考えられることを示し、帰宅分散を実現にするにあたって重要となる要素について検討した。また、スポーツイベントにおける定量的な帰宅行動の分析結果を示し、試合結果によって帰宅行動が異なることを明らかにした。

そして、帰宅行動の傾向に関する考察を行い、試合結果による感情の変化や周辺環境によって帰宅行動が変化することを示した。さらに、以上を踏まえた具体的な提案アプリケーションについて述べ、実証実験の結果から提案アプリケーションおよび各機能の有効性を示した。

**謝辞** 本研究は、大学発アーバンイノベーション神戸(複合領域・民間企業連携型)の助成を受けたものである。ここに記して感謝の意を示す。

## 参考文献

- [1] 福間 愛富, 土田 修平, 西山 奈津美, 田中 真一, 工藤 亮, 幸田 健介, 益子 宗, 寺田 努, 塚本 昌彦: スポーツイベントにおける帰宅分散実現のための帰宅行動分析 (1): 定性的分析, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, pp.305-312(2021)
- [2] 福間 愛富, 土田 修平, 西山 奈津美, 田中 真一, 工藤 亮, 幸田 健介, 益子 宗, 寺田 努, 塚本 昌彦: スポーツイベントにおける帰宅分散実現のための帰宅行動分析 (2): 定量的分析, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, pp.313-321(2021)
- [3] 山下 倫央, 大西 正輝: オリンピックのための情報処理:2. オリンピックにおける人の流れの解析, 情報処理, Vol.55, No.11, pp.1189-1195(2014).
- [4] 轟 朝幸, 水野 隆二: 都市鉄道におけるリアルタイムな混雑情報提供の有用性の検討 - 乗車選択行動モデルを用いて -, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, pp.787-794(2010).
- [5] 轟 耳, 鈴木 麗瑩, 有田 隆也: 東山動植物園遊園地への巡回ガイド端末の導入による混雑緩和のシミュレーション評価, 情報処理学会第 77 回全国大会講演論文集, Vol.2015, No.1, pp.317-318(2015).
- [6] 清水 涼太, 打矢 隆弘, 内匠 逸: 大規模会場での誘導スケジュールによる混雑緩和手法の検証, 第 17 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.283-284(2018).
- [7] R. Shen, T. Terada and M. Tsukamoto: A Navigation System for Controlling Sightseeing Route by Changing Presenting Information, International Conference on Network-Based Information Systems(NBIS), pp.87-106(2016).
- [8] 片山 拓也, 村尾 和哉, 田中 宏平, 寺田 努, 西尾 章治郎: 装着型センサを用いた経路推薦機構を持つナビゲーションシステムの構築, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.9, pp.2350-2359(2009).
- [9] 川崎 智也, 安部 智紀, 西内 裕晶, 轟 朝幸: 混雑車両への課金によるホーム上の混雑緩和効果, 交通工学論文集, Vol.2, No.4, pp.25-32(2016).
- [10] 納谷 麻衣子, 細田 真道, 田中 悠介, 大井 伸哉, 中山 彰, 宮本 勝: 大規模イベントにおける混雑緩和のための行動介入手法の定量評価, 第 18 回情報科学技術フォーラム(FIT), pp.289-290(2019).
- [11] 双見 京介, 寺田 努, 塚本 昌彦: 標的車両乗り遅れ防止のための車両時刻表変更手法, インタラクシオン 2019 論文集, pp.30-37(2019).
- [12] 清水 友順, 双見 京介, 寺田 努, 塚本 昌彦: 多様な選択行動を促すためのポジティブ・ネガティブ情報に着目した選択肢提示手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2019 論文集, pp.1716-1724(2019)
- [13] 神戸市交通局: 地下鉄駅別乗車人員 (1 日平均)(online), 入手先 (<https://www.city.kobe.lg.jp/documents/4330/ekibetsujyosyajinin.r1.pdf>)(2021.07.18).
- [14] KDDI 株式会社: KDDI Location Analyzer(online), 入手先 (<https://k-locationanalyzer.com/>)(2021.07.18).