

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

福間 愛富^{1,a)} 土田 修平^{1,b)} 西山 奈津美² 田中真一² 工藤 亮³ 幸田 健介³ 益子 宗³
寺田 努^{1,c)} 塚本 昌彦^{1,d)}

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、イベント参加者に指示を行い、退出時間や退出ルートを一時的に分散させる手法で帰宅分散が行われているが、このような指示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。そのための事前調査として、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 (KLA) を活用したスポーツイベントの帰宅行動分析を行った。そして、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情報提示用アプリケーション設計指針の策定、提案アプリケーションのデザインを行った。本稿では、KLA を活用したスポーツイベントの帰宅行動分析結果を示し、2種類の調査結果を踏まえたアプリケーションの設計指針および提案アプリケーションについて述べる。

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) は、私たちの生活に影響を与えた。いわゆるコロナ禍で生活様式は変化し、感染拡大防止のため、マスク着用の徹底、消毒液の設置、パーティションの設置などさまざまな対策が行われ、三密 (密集、密接、密閉) を避けた行動が求められるようになった。このような背景から、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も感染対策が徹底されるようになった。スポーツイベントでは、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、中でもイベント開催時の混雑緩和は、COVID-19 流行以前より重要な課題となっている。現在、入場人数を制限する方法で混雑緩和を図っているが、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、イベント参加者に指示を行い、退出時間や退出ルートを一時的に分散させ

る手法で帰宅分散が行われているが、このような手法を用いた場合、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。この研究プロジェクトでは、令和 3 年度秋にノエビアスタジアム神戸において実際に実験を行う予定であるが、そのための事前調査として、どのような要素が帰宅行動に影響するかを検討するために 2種類の調査を行った。1つ目は、新型コロナウイルスの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 (以下このような形態のイベントをオンラインイベントと区別するためリアルイベントとする) の参加者に対するアンケート調査である [1]。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。2つ目は、KDDI Location Analyzer (KLA) [2] 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

¹ 神戸大学

² 株式会社デンソーテン

³ 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

かになった。そしてこれらの結果から、混雑緩和に寄与する要素の検討を行い、これを踏まえた混雑緩和手法の考案および情報提示用アプリケーション設計指針の策定、提案アプリケーションのデザインを行った。

本稿では、これらの調査のうち KLA を活用したスポーツイベントの帰宅行動分析結果を示し、2種類の調査結果を踏まえたアプリケーションの設計指針について述べる。そして、最後に提案アプリケーションについて述べる。

2. 関連研究

これまで、さまざまな手法を用いた混雑緩和が検討されてきた。人流（混雑）シミュレーションおよびそれを活用した群衆誘導に関する研究として、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 を実装し、歩行者の動きの大規模なシミュレーションを可能にした [3]。また、関門海峡花火大会を対象に、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、プロジェクションマッピングを用いた誘導などを行った [4]。しかしこの研究では、花火大会を始めとする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可能にな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、混雑緩和が実際のど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する研究として、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」が車両選択に大きな影響を与えること、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 [5]。

ルートガイドやスケジュール提示による混雑緩和に関する研究として、轟らは、東山動植物園を対象に、園内施設ごとの仕様や入園者数、来園者の行動パターンからモデル化を行い、次に訪れる施設を指示する巡回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 [6]。清水らは、大規模イベント会場における人流シミュレーション時の計算時間の削減を行い、大規模環境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う手法を提案した。シミュレーションで有効性の検証を行い、提案手法を用いたスケジュール最適化によって全体の混雑が緩和されることを示した [7]。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な手法であることが示された。

ルートガイド（ナビゲーションシステム）を用いた、観光客やイベント参加者の誘導に関する研究もある。Shen らは、ユーザー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

にユーザーを誘導する観光用ナビゲーションシステムを提案した [8]。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持つナビゲーションシステムを提案した。提案システムを使用した場合、参加者は主催者の目的に沿って行動することを示した [9]。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ることができることが示された。

その他の混雑緩和手法としては、混雑車両に課金する手法、直接行動に介入する手法などがある。川崎らは、混雑している電車の車両に乗る場合、追加料金を払わせることで車両間の混雑を平準化する手法を提案し、課金によって車両間の混雑を平準化できる可能性を示した [10]。納谷らは、実際にイベント会場で実施されている行動介入手法の観測を行い、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 [11]。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と考えられる行動変容の研究として、双見らは、時刻表情報にフィクションを交えることで、標的車両の乗り遅れを防ぐ手法を提案した [12]。実際より乗り物の本数を少なく表示することで、乗り損ねた場合の損失を大きく見せ、早めの駅・バス停到着を促した。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 [13]。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に用いられている手法は、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、上で示した混雑緩和手法以外の手法は検討されていない。そして、以上の研究は、実証実験を行って実際にどの程度混雑が緩和できたか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が示されていない。

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（どのような要素が帰宅行動に影響するか）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、考案した複数の手法を実証実験によって評価する。

3. 帰宅行動分析

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うち、GPS 情報の利用を許諾している人の位置情報を用いた商圈分析サービスである。指定した施設・エリアの滞在人口分析機

能、来訪者の属性・居住地分析機能、通行人口分析機能などがあり、ニーズに応じた分析が可能である。多くの企業で商圈把握、店舗施策立案、販促施策立案などに活用されている。本調査で用いる滞在人口分析機能では、指定したエリアの毎時0分、30分の滞在人口を、平日・休日・時間帯別・性年代別に推計することができる。

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。拡大推計とは、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・エリアに実際滞在し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在している人数より少なくなる。そして、このサービスでは、指定したエリア内に滞在している人を、来訪者、居住者、勤務者に区別できるため、イベントに参加するために訪れた人のみを対象にした分析ができる。また、年齢、性別といった属性別の分析も可能である。

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
(ヴィッセル神戸のホームスタジアム) [14]
- パナソニックスタジアム吹田
(ガンバ大阪のホームスタジアム) [15]
- 阪神甲子園球場 (阪神タイガースのホーム球場) [16]
- MAZDA Zoom-Zoom スタジアム広島
(広島東洋カープのホーム球場) [17]
- 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。そして、KLAで滞在人口を分析する際には、図1に示すように、スタジアム・球場周辺を枠で囲み分析対象エリアを設定した。またこの際、GPS情報のズレを考慮して50m程度の余裕をもたせた。

3.1 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1に試合結果・開催時間別の試合数と試合時間を示す。 D_{win} はデーゲームの勝ち試合、 N_{win} はナイターの勝



図1 分析対象エリアの設定 (ノエビアスタジアム神戸)

表1 試合数と試合時間

	試合数	平均試合時間 [分]
D_{win}	4	112.8
N_{win}	3	113.7
D_{others}	5	113.8
N_{others}	4	115.8
全試合平均	—	114.0

表2 観客数

	観客数 (公式) [人]	観客数 (KLA) [人]
D_{win}	21496	10060
N_{win}	21617	9488
D_{others}	21342	9530
N_{others}	20641	9628
全試合平均	21257	9679

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。そして、表2に公式発表の観客数とKLAで集計した観客数を示す。平均データ収集率 (KLAで推計した観客数/公式発表観客数) は45.6%であった。公式発表の観客数および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2に示す。縦軸はKLAで推計されたノエビ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

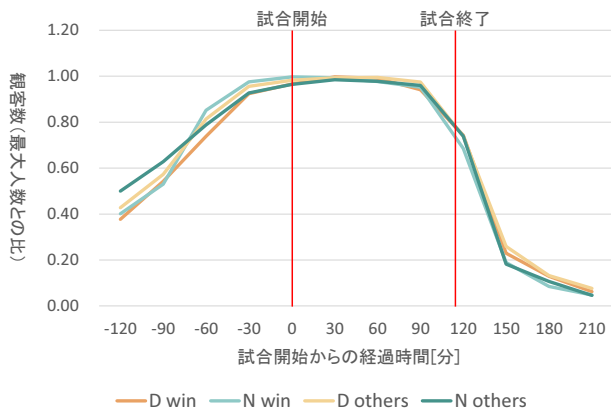


図 2 試合開催時間，試合結果別の観客数変化
(ノエビアスタジアム神戸)

表 3 観客数減少率

	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
90 分時-120 分時	0.21	0.28	0.24	0.23
120 分時-150 分時	0.69	0.73	0.65	0.75

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大きな差は無いが，勝ち試合の方が観客数の減少が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，観客数が最大を記録した時間帯と比較して，試合開始後 150 分（試合終了の平均 36.0 分後）までにどれだけ観客が減少したか（観客数減少率）を図 3 に示す．デーゲームでは 7 割以上の方が，ナイターでは 8 割以上の方が会場を後にしていることがわかる．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 ($F(1,12)=5.58, p<0.05$)．そして，表 3 にその他の時間帯の観客数減少率を示す．最大-90 分時の減少率は 1 割未満，最大-120 分時，90 分時-120 分時の減少率は 3 割であったのに対し，120 分時-150 分時の減少率は 7 割にもなった．また，これらの時間帯の減少率について，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，120 分時-150 分時の減少率に試合開催時間によって有意差があった ($F(1,12)=6.03, p<0.05$)．

以上のことから，ノエビ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ことがわかる．

3.2 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

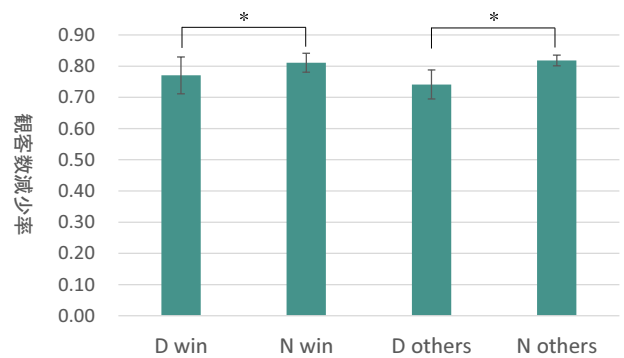


図 3 観客数減少率（最大-150 分時）

表 4 試合数と試合時間

	試合数	平均試合時間 [分]
D_{win}	2	117.5
N_{win}	5	115.8
D_{others}	7	117.0
N_{others}	3	116.7
全試合平均	—	116.6

表 5 観客数

	観客数 (公式) [人]	観客数 (KLA)[人]
D_{win}	25946	14383
N_{win}	24917	12270
D_{others}	28036	14628
N_{others}	32768	16339
全試合平均	27708	14208

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，明治安田生命 J1 リーグ戦全 17 試合である．表 4 に試合結果・開催時間別の試合数と試合時間を示す．試合時間について，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．そして，表 5 に公式発表の観客数と KLA で集計した観客数を示す．平均データ収集率（KLA で推計した観客数/公式発表観客数）は 51.9 % であった．公式発表の観客数および 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は無いことがわかった．

試合開催時間，試合結果別の観客数変化を図 4 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，大きな差は無い．次に，観客数が最大

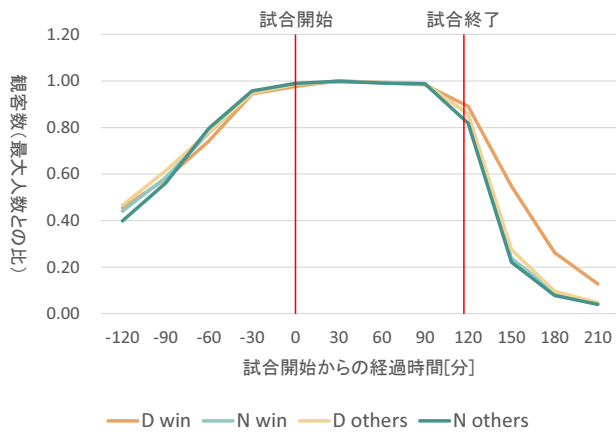


図 4 試合開催時間，試合結果別の観客数変化
(パナソニックスタジアム吹田)

を記録した時間帯と比較して，試合開始後 150 分（試合終了の平均 33.4 分後）までにどれだけ観客が減少したか（観客数減少率）を図 5 に示す。D_{win} の場合の減少率は 5 割未満であるのに対し，ナイターでは 7 割以上の人が会場を後にしていることがわかる。また，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 ($p<0.01$)。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 ($p<0.01$)。そして，表 6 にその他の時間帯の観客数減少率を示す。120 分時-150 分時の観客数減少率が他の時間帯と比較して顕著に大きいことがわかる。また，これらの時間帯の減少率について，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，120 分時-150 分時の観客数減少率において試合開催時間と試合結果の交互作用が有意であった ($F(1,13)=44.86, p<0.01$)。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。ノエビアスタジアム神戸と比較して，試合終了直後から観客数減少率が急増する傾向が顕著である。

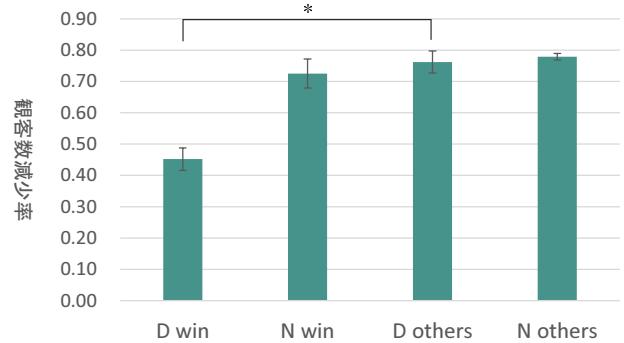


図 5 観客数減少率（最大-150 分時）

表 6 観客数減少率

	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
90 分時-120 分時	0.10	0.13	0.13	0.17
120 分時-150 分時	0.39	0.68	0.72	0.73

3.3 阪神甲子園球場の帰宅行動分析

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）であった。また，4 試合の平均データ収集率（KLA 推計観客数/公式発表観客数）は 52.9 % だった。阪神甲子園球場および MAZDA Zoom-Zoom スタジアム広島では，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 6 に試合展開・結果別の観客数の変化を示す。3.1 節，3.2 節とは異なり，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。縦軸はこれまでの分析同様，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 6 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，顕著に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。大勝時は，試合終了まで接戦時と同様の観客数の推移をしているが，接戦時よりも帰宅行動が緩やかであることがわかる。

3.4 MAZDA Zoom-Zoom スタジアム広島の帰宅行動分析

MAZDA Zoom-Zoom スタジアム広島で開催された広島東洋カープ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

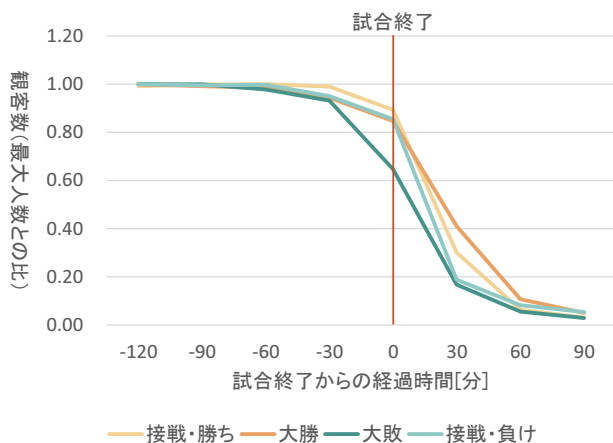


図 6 試合展開・結果別の観客数変化 (阪神)

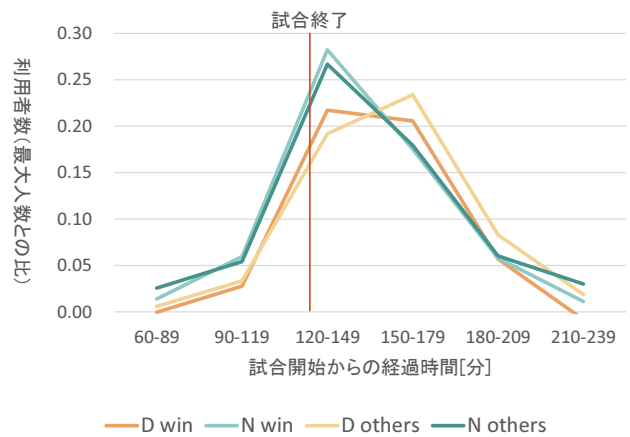


図 8 2 駅合計利用者数の変化

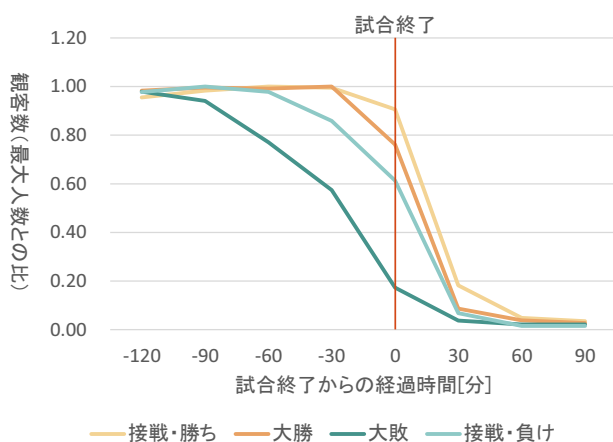


図 7 試合展開・結果別の観客数変化 (広島)

表 7 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

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。また、4 試合の平均データ収集率 (KLA 推計観客数/公式発表観客数) は 62.8 % だった。

図 7 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 MAZDA Zoom-Zoom スタジアム広島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行動は早くなるという傾向があることがわかる。特に大敗時の帰宅行動の早さが顕著である。阪神甲子園球場とは異なり、接戦・勝ちの場合より大勝時の帰宅行動の方が早いという結果であった。

3.5 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。駅にはサッカー観戦に関係のない利用者もいるため、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・同時間帯の駅利用者数を試合開催日

の駅利用者数から差し引くことで、サッカー観戦に来た人がどの程度駅を利用しているかを分析した (以下で示すデータは全て差し引いた後のものである)。図 8 に御崎公園駅・和田岬駅の試合開催時間・結果別の 2 駅合計利用者数の変化のグラフを示す。縦軸は KLA で推計されたノエビアスタジアム神戸の最大観客数と駅利用者数の比、横軸はノエビアスタジアム神戸で試合が始まってからの経過時間である。グラフから、ナイターでは試合終了直後である 120-149 分の時間帯の駅利用者がデーゲームより多いことがわかる。ナイター時には、試合結果による帰宅行動の差はほとんど見られない。デーゲーム時は、勝ちの場合より、勝ち以外の場合の方が試合終了直後の駅利用者数が少ない。その分、150-179 分の時間帯では勝ち以外の場合の方が駅利用者が多いことから、帰宅行動が遅い時間にシフトしていると考えられる。以上の結果はノエビアスタジアム神戸の分析結果と一致する。また、試合開始から 90 分より前の時間帯および 210 分以降の時間帯では、駅利用者がノエビアスタジアム神戸の観客数の 5 % 未満であることから、観客のほとんどは 90-209 分の間に帰宅すると考えられる。

次に、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おける各時間までの駅利用者数の累積を表 7 に示す。表 7 から、試合開始後 149 分までに平均 27.6 % の観客が、179 分までに 47.8 % の観客が駅を利用していることがわかる。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。

4. 考察

図 2 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、試合開始後150分まで(試合終了後の平均36.0分間)に7割以上減少していることがわかる。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、試合開始後150分まで(試合終了後の平均33.4分間)には4割以上減少している(図4)。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1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7より、ノエビアスタジアム神戸に来場した観客のうち平均43.6%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9268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[18]。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、大きな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[13]。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。筆者らが示したように、イベント会場の周辺環境は帰宅行動に大きな影響を及ぼす[1]。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持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ま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大きく低下したが、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。

以上の結果は、ノエビアスタジアム神戸における混雑緩和の難しさを示すものだったが、筆者らは、ノエビアスタジアム神戸において情報提示による混雑緩和が実現できる

可能性があることをアンケート調査によって確認している[1]。5章では、アンケート調査結果や帰宅行動分析結果、関連研究を踏まえた情報提示用アプリケーションのデザインについて述べる。

5. 設計指針

これまでに述べてきた帰宅行動分析結果やアンケート調査結果[1]、関連研究を踏まえてアプリケーションの設計指針をまとめる。

- 情報提示
 - 混雑情報の提示
 - 周辺情報の提示
 - 時刻表・交通機関情報の提示

筆者らのアンケート調査では、混雑していることを文章で提示したが、ライブカメラ映像を提示する、交通機関乗車までの待ち時間を提示する、道路などの通行量を提示するなどさまざまな混雑情報提示手法が考えられる。また、周辺情報の提示においては、イベント参加者を誘導する効果が高い施設・イベントを優先的に提示すること、イベント参加者の特性に応じて優先的に提示する施設・イベントを設定することが重要だと考えられる。そして、時刻表・交通機関情報の提示においては、多様な選択肢を提示することで、選択の多様性が損なわれないようにする必要がある。また、スポーツイベントのように、試合結果などによりイベント参加者の感情が変化するイベントに関しては、状況に応じて提示内容を変更するとより効果的であると考えられる。

- インセンティブの付与

筆者らのアンケート調査では、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を示したが、インセンティブにはさまざまな形が考えられる。クーポン配布やポイント付与といった直接的なインセンティブだけでなく、スポーツ選手やイベント出演者などと触れ合える権利、グッズの配布など、イベントの特性に応じたインセンティブを付与することで混雑緩和が可能であると考えられる。また、インセンティブの大きさによる帰宅行動の制御も可能である考える。

6. 提案アプリケーション

本章では、設計指針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。アプリケーションのメイン画面を図9に示す。図9左画面で、試合終了後会場に何分程度待機するかを選択すると、図9右画面に遷移できる。

6.1 待ち時間に応じたポイント付与

この手法は、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ものである。この手法は、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に関する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ている。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。

6.2 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 10 に示す。双見ら [12] 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。この手法ではこれを応用し、電車やバスなどが多数運行していることを示すことで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ま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すことで帰宅行動が多様化するように誘導する。そして、メイン画面で選択した、会場に待機する時間より 10 分後、20 分後に出発した場合の時刻表も表示することで、より帰宅行動が多様化するように誘導する。

6.3 混雑情報の提示

この手法は、混雑情報の提示により、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いた手法である。この手法では、混雑情報を 2 種類の手法で提示する。1 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手法（図 10 「乗車までの予想待ち時間」）である。2 つ目は、ライブカメラ映像で提示する手法（図 9 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。これにより、スタジアム周辺のさまざまな場所の混雑状況をリアルタイムに提示することができる。

6.4 周辺情報の提示

この手法は、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いた手法である。アンケート調査で、立ち寄りたいたいと回答した人が比較的多かった飲食店などを中心に、周辺施設への誘導を行う。図 9 メイン画面下部「特典利用」をタップすると、

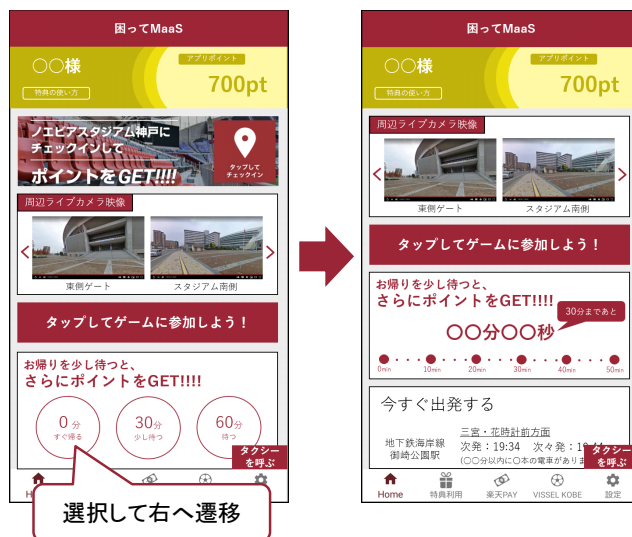


図 9 アプリケーションのメイン画面



図 10 時刻表提示画面（左：勝ち、右：勝ち以外）

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することができる。

7. おわりに

本稿では、スポーツイベントにおける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。また、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。また、帰宅行動の分析結果やアンケート調査結果、関連研究を踏まえた情報提示用アプリケーションの設計指針を示し、具体的な提案アプリケーション

について述べた。そして、今後ノエビアスタジアム神戸において提案アプリケーションを用いた帰宅分散の実証実験を行う予定である。

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。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- [1] 福岡愛富, 土田修平, 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 2021 論文集 (2021).
- [2] KDDI 株式会社: KDDI Location Analyzer, KDDI 株式会社 (online), available from <https://k-locationanalyzer.com/> (accessed 2021-07-18).
- [3] Tomohisa, Y., Takashi, O. and Itsuki, N.: Implementation of Simulation Environment for Exhaustive Analysis of Huge-Scale Pedestrian Flow, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 6, No. 2, pp. 137–146 (2013).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 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).
- [8] Shen, R., Terada, T. and Tsukamoto, M.: A Navigation System for Controlling Sightseeing Route by Changing Presenting Information, *International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS)*, pp. 87–106 (2016).
- [9] 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).
- [10] 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).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 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).
- [14] 楽天ヴィッセル神戸: NOEVIR STADIUM KOBE, 楽天ヴィッセル神戸 (online), available from <https://www.noevir-stadium.jp/> (accessed 2021-07-18).
- [15] 株式会社ガンバ大阪: Panasonic Stadium SUITA,

株式会社ガンバ大阪 (online), available from <https://suitacityfootballstadium.jp/> (accessed 2021-07-18).

- [16] 阪神甲子園球場: 阪神甲子園球場, 阪神電気鉄道株式会社 (オンライン), 入手先 <https://www.hanshin.co.jp/koshien/> (参照 2021-07-18).
- [17] 株式会社広島東洋カープ: マツダスタジアム, 株式会社広島東洋カープ (オンライン), 入手先 <https://www.carp.co.jp/mazdastadium/mazdastadium.html> (参照 2021-07-18).
- [18] 神戸市交通局: 地下鉄駅別乗車人員 (1 日平均), 神戸市交通局 (オンライン), 入手先 <https://www.city.kobe.lg.jp/documents/4330/ekibetsujujyosyajinin.r1.pdf> (参照 2021-07-18).