

氏名（本籍）	ヤマモト マサカズ 山本 昌和（滋賀県）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	工博乙第55号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当者
学位授与の年月日	平成27年3月13日
学位論文題目	駅の階段を中心とした群集歩行時の安全性評価に関する研究
論文審査委員	（主査）教授 吉村 英祐 教授 岡山 敏哉 教授 吉川 眞

論文の内容の要旨

本論文は、駅の建築計画や安全対策を支援する立場から、階段を中心とした駅の歩行空間における、群集流動の安全性を定量的に評価するための手法について研究したものである。以下に、各章で得られた成果の概要を述べる。

第1章では、駅のように列車の遅れなどによって滞留する利用者が突発的に増加する可能性がある施設では、安全管理上、駅特有の群集の特性を把握し、それらを客観的に評価する必要があることを述べた。さらに、近年の駅の建築計画におけるシミュレーション技術の普及を背景に、計算結果を定量的に判定する必要性と、群集の安全に関する評価方法の必要性を述べた。

第2章では、駅における歩行に係わる事故が起きやすい場所や事故の危険を感じやすい場所の調査をおこない、階段での転落事故が多いこと、階段とホーム狭隘部で事故の危険を感じやすいことを明らかにした。また、事故を経験した場所と事故の危険を感じる場所が類似することから、駅の利用者が歩行に係わる事故の危険を感じやすい場所を把握することは、群集流動の事故防止の観点でも有益であることを述べた。さらに、駅の構造上、駅の歩行空間には階段などの上下移動の施設が不可欠なことを示し、駅の階段における事故防止の重要性を述べた。

第3章では、駅の階段の群集流動を対象とした実測と群集流動の時間的変化に着目した分析をおこなった。ここでは、ラッシュアワーの駅の昇り階段を対象として、一方向流動の実測をおこない、通過人数、流動係数、歩行速度など、群集流動の基本となる状態量の時間変化を詳細に把握した。その結果、駅の階段の群集流動が定常状態に至る過程を定量的に明らかにした。また、定常状態にある群集流動の流動係数や歩行速度を明らかにした。さらに、今後の駅の群集流動を対象としたシミュレーションの検証における、これら群集流動に関する時系列データの有用性について述べた。

第4章では、駅の階段における群集歩行時に感じる歩きにくさは、群集流動の安全の観点からも有益な知見であるとの考えに基づき、階段における群集歩行時の歩きにくさの評価手法について検討した。ここでは、模擬駅の階段を用いた群集流動実験によって、群集流動の状態量と歩行者が感じる歩きにくさとの関係を把握することで、駅の階段における群集流動の評価手法を検討した。その結果、階段における群集流動の歩行速度と歩行者が感じる歩きにくさに関係があることを定量的に明らかにするとともに、階段内で群集歩行時に感じる歩きにくさは、階段内でのすれ違いの有無にも影響を受けることを明らかにした。また、階段内の群集流動の歩行速度をパラメータとする、階段の歩きにくさの評価式を提案し、実際の駅での検証によって評価式の有効性を確認した。さらに、階段前で歩行者が感じる歩きにくさは、階段入口での流動係数と関係があることを実験的に明らかにする他、階段前で群集密度や待ち時間と関係がある可能性を示した。

第5章では、駅で群集流動の規制をおこなう場合を想定し、階段内に群集を滞留させる

ときの群集密度について安全性の観点から検討した。ここでは、模擬駅の階段を用いた群集実験をおこなうことで、静止した群集が一斉に歩行開始するときの、群集密度と歩行者が感じる不安感の関係を調べた。その結果、群集密度が約 2.0 人/m²を超えると一部の歩行者が不安を感じ始めること、群集密度が約 4.0 人/m²を超えると大半の歩行者が不安を感じることを明らかにした。また、階段で一斉に歩行を開始するときの群集歩行の特性が、昇り方向と降り方向で異なることを定量的に明らかにした。さらに、駅の群集流動の安全管理に関する知見として、やむなく階段で群集を滞留させるときには群集密度約 4.0 人/m²を上限とすべきこと、特に降り階段に滞留させた群集の規制を解除する際には注意が必要であること、女性や年寄りなどを含む群集では、より低い群集密度を上限とすべきであることを述べた。

第 6 章では、駅のホーム狭隘部における群集流動を対象として、歩行者の安全性を判定する方法について検討した。ここでは、模擬ホームを用いた群集流動実験をおこなうことで、ホーム狭隘部の群集流動の基礎的な特性を把握した。また、ホーム端部から一定の距離離れた領域を、安全な歩行範囲と定義し、ホーム狭隘部において歩行者が安全な歩行範囲内からはみ出さない条件を分析した。その結果、ホーム狭隘部において対向流動が形成されるときに、安全な歩行範囲からはみ出す行動が見られること、ホーム狭隘部で乗車待ちをする乗客数が影響していることを実験的に明らかにした。また、ホーム狭隘部の幅員と乗車待ちの乗客数をパラメータとする評価指標を提案し、ホーム狭隘部の群集流動の規制に関する検討手法を提案した。

最後の第 7 章では、第 1 章から第 6 章で得た成果をまとめた。また、群集流動の規制のタイミングを計るうえで重要となる、階段での群集密度の変化や、ホームを歩く歩行者自身の安全への意識など、本研究では触れることのできなかつた課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、駅の建築計画や安全対策を支援する立場から、階段を中心とした駅の歩行空間における、群集流動の安全性を定量的に評価するための手法について研究したものである。各章で得られた成果の概要は、以下のとおりである。

第1章では、駅のように列車の遅れなどによって滞留する利用者が突発的に増加する可能性がある施設では、安全管理上、駅特有の群集の特性を把握し、それらを客観的に評価する必要があることを述べている。また、近年の駅の建築計画におけるシミュレーション技術の普及を背景に、計算結果を定量的に判定する必要性と、群集の安全に関する評価方法の必要性にも言及している。

第2章では、駅における歩行に係わる事故が起きやすい場所や事故の危険を感じやすい場所の調査をおこない、階段での転落事故が多いこと、階段とホーム狭隘部で事故の危険を感じやすいことを明らかにしている。また、事故を経験した場所と事故の危険を感じる場所が類似することから、駅の利用者が歩行に係わる事故の危険を感じやすい場所を把握することは、群集流動の事故防止の観点でも有益であることを述べている。また駅の構造上、駅の歩行空間には階段などの上下移動の施設が不可欠なことを示し、駅の階段における事故防止の重要性を述べている。

第3章では、駅の階段の群集流動を対象とした実測と群集流動の時間的変化に着目した分析をおこなっている。具体的には、ラッシュアワーの駅の昇り階段を対象として、一方向流動の実測をおこない、通過人数、流動係数、歩行速度など、群集流動の基本となる状態量の時間変化を詳細に把握し、駅の階段の群集流動が定常状態に至る過程を定量的に明らかにしている。また、定常状態にある群集流動の流動係数や歩行速度を明らかにしている。さらに、今後の駅の群集流動を対象としたシミュレーションの検証における、これら群集流動に関する時系列データの有用性について述べている。

第4章では、駅の階段における群集歩行時に感じる歩きにくさは、群集流動の安全の観点からも有益な知見であるとの考えに基づき、階段における群集歩行時の歩きにくさの評価手法について検討している。具体的には、模擬駅の階段を用いた群集流動実験によって、群集流動の状態量と歩行者が感じる歩きにくさとの関係を把握することで、駅の階段における群集流動の評価手法を検討した結果、階段における群集流動の歩行速度と歩行者が感じる歩きにくさに関係があることを定量的に明らかにするとともに、階段内で群集歩行時に感じる歩きにくさは、階段内でのすれ違いの有無にも影響を受けることを明らかにしている。また、階段内の群集流動の歩行速度をパラメータとする階段の歩きにくさの評価式を提案し、実際の駅での検証によって評価式の有効性を確認している。さらに、階段前で歩行者が感じる歩きにくさは、階段入口での流動係数と関係があることを実験的に明らかにする他、階段前での群集密度や待ち時間と関係がある可能性を示している。

第5章では、駅で群集流動の規制をおこなう場合を想定し、階段内に群集を滞留させる

ときの群集密度について安全性の観点から検討している。具体的には、模擬駅の階段を用いた群集実験をおこなうことで、静止した群集が一斉に歩行開始するときの、群集密度と歩行者が感じる不安感の関係を調べた結果、群集密度が約 2.0 人/m²を超えると一部の歩行者が不安を感じ始めること、群集密度が約 4.0 人/m²を超えると大半の歩行者が不安を感じることを明らかにしている。また、階段で一斉に歩行を開始するときの群集歩行の特性が、昇り方向と降り方向で異なることを定量的に明らかにしている。さらに、駅の群集流動の安全管理に関する知見として、やむなく階段で群集を滞留させるときには群集密度約 4.0 人/m²を上限とすべきこと、特に降り階段に滞留させた群集の規制を解除する際には注意が必要であること、女性や年寄りなどを含む群集では、より低い群集密度を上限とすべきことを述べている。

第 6 章では、駅のホーム狭隘部における群集流動を対象として、歩行者の安全性を判定する方法について検討している。具体的には、模擬ホームを用いた群集流動実験をおこなうことで、ホーム狭隘部の群集流動の基礎的な特性を把握したうえで、ホーム端部から一定の距離離れた領域を安全な歩行範囲と定義し、ホーム狭隘部において歩行者が安全な歩行範囲内からはみ出さない条件を分析している。その結果、ホーム狭隘部において対向流動が形成されるときに、安全な歩行範囲からはみ出す行動が見られること、ホーム狭隘部で乗車待ちをする乗客数が影響していることを、実験的に明らかにしている。また、ホーム狭隘部の幅員と乗車待ちの乗客数をパラメータとする評価指標と、ホーム狭隘部の群集流動の規制に関する検討手法を提案している。

第 7 章では、第 1 章から第 6 章で得た成果をまとめ、群集流動の規制のタイミングを計るうえで重要となる、階段での群集密度の変化や、ホームを歩く歩行者自身の安全への意識など、本研究では触れることのできなかつた課題について述べている。

以上のように、本論文は駅の歩行空間における群集流動の安全性の定量的評価指標を提案するなどの成果をあげており、駅の安全管理手法の発展に大きく寄与することが期待できる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。