

# 雑踏事故に至る高密度群集滞留下での群集波動現象に関する研究 —大規模イベント事例分析を通じて—

A Study on the Crowd Shock Waves Phenomenon in an Interrupted Flow  
of High-Density Crowds : Analysis of Large-scale Events

貝辻正利<sup>1</sup>, 北後明彦<sup>2</sup>

Masatoshi KAITSUJI<sup>1</sup> and Akihiko HOKUGO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>神戸大学大学院工学研究科研究員

Researcher, Graduate school of Engineering, Kobe University

<sup>2</sup>神戸大学都市安全研究センター教授

Professor, Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University

To clarify the mechanism of how a crowd accident occurs, phenomena in a high-density crowd accumulation were analyzed based on videos of extra-high-density crowd accumulation, crowd disaster investigation committee's reports and observation of high-density crowd phenomena of large-scale events. When the crowd density reaches 8 persons per square meter or so, crowd shock waves of 20 cm to 60 cm will occur due to the fluctuating density and pressure distribution in the crowd. When the density reaches 10 persons per square meter or more, people feel a surge of panic because of a fear of being crushed, possibility of crowd disaster will be higher with complicated critical crowd shock waves.

**Keywords:** high-density crowd accumulation, extra-high-density crowd accumulation, shock waves, large-scale events

## 1. はじめに

21世紀を迎えてからも、2001年「第32回明石市民夏まつり」での朝霧歩道橋雑踏事故、2004年中国北京市内での「花火大会」雑踏事故<sup>(1)</sup>、2010年ドイツ・デュイスブルクでの「Love Parade」雑踏事故、2010年カンボジア・プノンペンでの「水まつり」雑踏事故<sup>(2)</sup>等多数の犠牲者を伴う雑踏事故が発生している。

このような事態の背景には、これらの雑踏事故の発生メカニズムを具体的に解明し安全方策に反映する研究が少ないことにあると考えられる。

既存の学術論文としてJhon J.Fruinの「群集災害」<sup>(1)</sup>があり、各種雑踏事故分析結果による群集現象として“shock-waves”を指摘しているが、雑踏事故防止方策を具体的に導き出す分析を行なうに至っていない。

本研究の目的は、群集滞留の拡大過程と雑踏事故に連動する高密度群集滞留下での群集現象を分析して、雑踏事故発生のメカニズムを明らかとし、適正な安全方策を導き出すことである。

研究の方法は、雑踏事故調査報告書、雑踏事故現場観察・雑踏事故寸前の実写映像、及び、筆者の一人が警察警備・警備会社・イベント企画会社及び主催者警備顧問等イベント関係の各立場で警備企画と警備実施管理 250件以上のイベント警備<sup>(3)</sup>で記録した個人メモにより行う。

## 2. 用語の定義

雑踏事故に連動する可能性の高い群集現象を明らかにするために必要な用語の定義を次の通りとする。

発生した群集滞留に後続群集が継続流入することにより、概ね群集密度8人/m<sup>2</sup>に高密度化した群集滞留を「高密度群集滞留」、更に、後続群集が継続流入して群集密度10人/m<sup>2</sup>以上に高密度化し、雑踏事故に至る可能性が高くなる群集滞留を「超高密度群集滞留」と定義する。

また、高密度群集滞留の群集内で発生する群集密度<sup>(4)</sup>及び群集圧力<sup>(5)</sup>の分布の差異に起因する群集の「揺れ」現象を「群集波動現象」、更に、密度10人/m<sup>2</sup>以上の超高密度群集滞留の群集内では、生命の危険に対する恐怖心から集団と個人による危機回避行動に起因して発生する複雑な揺れを「限界群集波動現象」と定義する。

## 3. 群集現象に関する雑踏事故事例分析

雑踏事故に連動する可能性の高い高密度群集滞留下で発生する群集現象の事例分析結果は次の通りである。

- (1) 事例1 第32回明石市民夏まつり雑踏事故(2001年)  
a) 雑踏事故概要

2001年7月明石市内大蔵海岸において10万人規模で開催された「第32回明石市民夏まつり」花火大会会場アクセスである朝霧歩道橋上で、超高密度群集滞留下での群集雪崩による転倒で犠牲者11人、負傷者248人の雑踏事故が発生した。

**b) 会場の閉鎖性**

会場の大蔵海岸（延べ面積72,000㎡）は、海と国道及び鉄道線路に周囲を囲まれ、最寄り駅のJR朝霧駅と北側住宅地とのアクセスは、朝霧歩道橋等4か所に限定された閉鎖性の強い会場である（図1）。



(○)会場 ←→ 会場アクセス (○) 歩道橋  
 図1 会場アクセス図 Google mapに作図

主要アクセスである朝霧歩道橋は、長さ100m、幅員6mで、会場に至る階段幅員は3mと半減している上、側壁（透明なアクリル板）に囲まれた閉鎖空間である。

歩道橋南端に展望スペースがあり、群集流動のボトルネックになり易い構造となっている(図2)。

また、会場アクセス通行可能人員は4か所合計約2万4千人/h、朝霧歩道橋通行可能人員は約1万4千人/hである<sup>(6)</sup>。

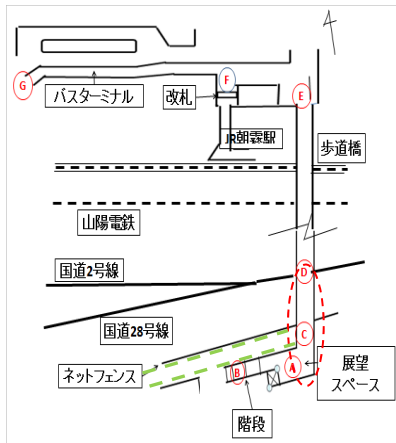


図2 朝霧歩道橋全体図

(○) 事故発生場所 (---) 露店

**c) 超高密度群集滞留の形成経過**

- ・ 雑踏事故発生前後20:00～20:50の歩道橋通行者数は、歩道橋流入1,983人/min、階段流出1,500人/min
- ・ 事故発生当時歩道橋上に約6,400人が滞留
- ・ 事故発生場所では群集密度13人/㎡～15人/㎡と推定されている<sup>2)</sup>。

この超高密度群集滞留は、歩道橋南端の歩道橋幅員6mから、会場に直結する幅員3mの階段に向かう群集流動ボトルネックによる群集滞留、及び、展望スペースでの花火や景観の観覧滞留に対して、帰路群集と来場群集が継

続して流入する群集の累積による加重密度現象により滞留群集が超高密度化したと推定される（図3）。

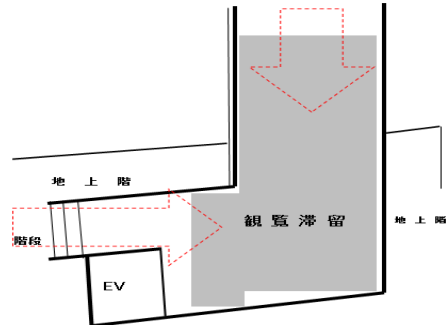


図3 展望スペースによる加重密度形成

**d) 超高密度群集滞留下での群集現象**

群集密度13人/㎡～15人/㎡の群集内では、数回の「人津波」が発生し、恐怖心から個人と集団による危機回避行動（パニック）が発生した。

**i) 群集波動現象**

事故調査委員会の聞き取り調査では、転倒事故発生直前に、転倒場所周辺で揺れ戻しを伴う数回の「人津波」現象が発生したと証言されている<sup>2)</sup>。

**ii) 個人及び集団の危機回避行動**

事故調査委員会の聞き取り調査では、歩道橋シェルターの上に数人が上がり、タオルを振って合図する誘導行為が見られた他、群集の中で方向不明の「戻れ」コールが沸きあがった<sup>2)</sup>。

また、数人が歩道橋外に設置されている歩道橋点検用通路に逃避するなどの個人の危機回避行動が見られた（図4）<sup>2)</sup>。



図4 雑踏事故発生場所における危機回避行動 事故調査委員会報告書<sup>2)</sup> から引用

**e) 超高密度群集滞留下での群集密度と圧力**

事故調査委員会報告書によれば、群集流動を解析した結果、密度と圧力に関して次の通り推定している。

- i) 事故発生時の群集密度は13人/㎡～15人/㎡で、圧力は進行方向に対して400kg/m、手すり方向に158kg/m
- ii) 群集密度と圧力の関係は、密度13人/㎡で300kg/㎡、密度14人/㎡で400kg/㎡、密度15人/㎡で540kg/㎡

**f) 超高密度群集滞留の形成と群集現象のまとめ**

**i) 超高密度群集滞留の形成**

展望スペースでの観覧による群集滞留が発生していたところに、後続の入退場群集が継続流入することにより超高密度群集滞留が形成された。

**ii) 群集波動現象の発生**

群集雪崩による転倒事故発生前に、周辺で数回の「人津波」現象が証言で確認されている。

**iii) 個人と集団の危機回避行動**

無統制な誘導行為や方向不明の戻れコール、歩道橋外の点検道路に逃避するなど個人と集団による危機回避行動(パニック)が確認されている。

## (2)事例2 デュイスブルク Love Parade 雑踏事故 (2010年)

### a) 雑踏事故概要

ドイツ・デュイスブルクで開催された Love Parade<sup>(7)</sup>の会場アクセス道路で、入場群集と退場群集が交錯対向流<sup>(8)</sup>として正面衝突状態で滞留し、超高密度群集滞留下での複雑な限界群集波動現象に起因して転倒と圧迫により犠牲者21人、負傷者500人強の雑踏事故が発生した。

本事故の超高密度群集滞留下で限界群集波動現象に起因して雑踏事故に至る経過を、主催者が提供した YouTube 映像<sup>(9)</sup>、事故現場の観察、及び、関係者からの事情聴取により分析した結果は次の通りである。

### b) 会場の閉鎖性

#### i) 会場群集誘導計画

会場は鉄道線路、高速自動車道に囲まれた貨物駅跡で、出入口は地下通路に限定されて閉鎖的である。

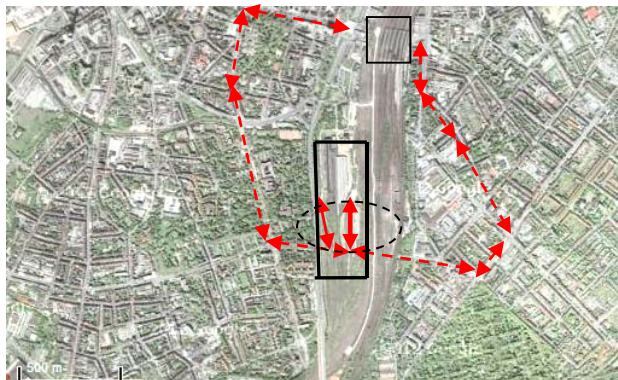
会場周辺に設定された群集誘導導線の全てが分流化されていない交錯対向流方式で、かつ、会場直結の限定的なアクセス通路に集中している(図5、図6)。

#### ii) 限定的な会場アクセス

会場への直接アクセス道路は、全長約115m、幅員約25m、及び、全長約130m、幅員約18mの2か所に限定されている。

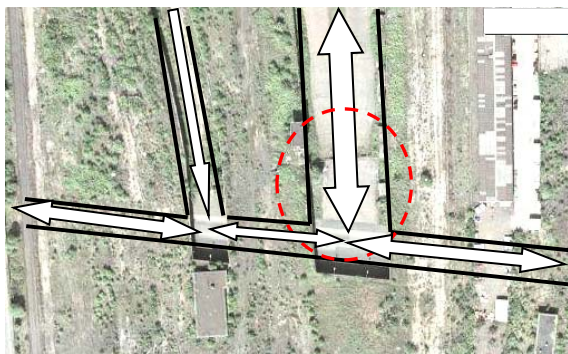
この群集誘導道路である誘導道路は、幅員約18mの閉鎖空間(地下道トンネル)に合流しており群集流動のボトルネックとなっている(図6)。

雑踏事故はこの会場アクセス道路を中心に発生した。



◀▶ 誘導線 ▶◀ 会場アクセス ◻ 会場 (○) 会場出入口

図5 群集誘導導線図 Google mapに作図



— 誘導・アクセス道路 (○) 群集流動 (●) 滞留場所

図6 会場入口導線図 Google mapに作図

### c) 超高密度群集滞留の発生

#### i) 警察規制<sup>(10)</sup>

会場内群集滞留が過密化したため、主催者要請に基づいて16:03頃に誘導導線3か所に警察規制線1~3を設定して群集の入退出を規制した(図7)。

警察規制線1及び警察規制線2は流入群集の停止規制であり、警察規制線3は帰路群集の停止規制である。

規制線1及び2で流入群集を停止させているため規制開始時の会場アクセスでの来場者群集は少ない(図8)。



図7 警察規制線1~3の位置

— 警察規制線 → 群集滞留傾向を示す YouTube<sup>(9)</sup>映像引用



図8 警察規制線3(退出規制)の状況

YouTube<sup>(9)</sup>映像に作図

#### ii) 超高密度群集滞留の形成

16:40頃、警察による退出群集の規制線3は維持されたが、警察規制線1及び規制線2の入場導規制線は解除又は突破されたため警察規制線3に入場者群集が集中して、道路全面で退出群集と全面衝突する形態で超高密度群集滞留を形成した。

警察規制開始から37分後の16:40頃に、警察規制線3付近の超高密度群集滞留状況は図10の通りである。

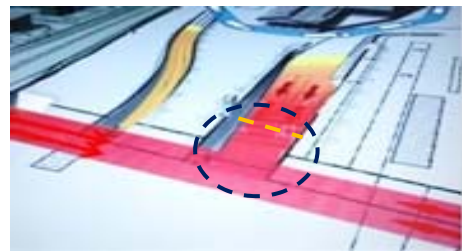


図9 警察規制解除後の状況 (○) 事故発生場所

— 警察規制線3に1・3規制線の群集が継続集中

YouTube引用映像<sup>(9)</sup>に作図



図10 群集滞留状況 YouTube<sup>(9)</sup>引用

d) 高密度群集滞留下での限界群集波動現象

会場への直接アクセス道路の同一場所を撮影した固定カメラ映像<sup>9)</sup>の4秒間（16：40：32～16：40：36）について限界群集波動現象を分析した結果は次の通りである。

i) 限界群集波動現象の状況

群集内の限界群集波動現象は、大きくゆっくりと右側に揺れ、続いて押されるように別の群集が左に揺れ、更に斜め横に揺れる現象が確認できる（図11）。



図11 群集波動現象  揺れ方向(図10に作図)

ii) 密度の変動状況

限界群集波動現象の主要な要因である密度の変動を分析するために、会場への直接アクセス道路の同一場所を撮影した固定カメラ映像の4秒間（16：40：32～16：40：36）について、罫線で概ね1㎡を設定した上(図12) 2秒間ごとに、概ね1㎡ごとの群集密度について目視計測を行い、群集密度の変動を分析した結果、雑踏事故に至る直前までの限界群集波動現象の要因となっている密度の変動状況が次の通り確認された。



図12 概ね1㎡のメッシュ図  
You Tube引用映像<sup>9)</sup>に作図

① 群集密度の変動状況

高密度群集滞留内で発生する群集波動現象は、映像上の確認で2秒ごとに大きく右に揺れ、続いて近接する別の群集が揺れ戻しの如く左に揺れると同時に右下に揺れるゆったりとした群集波動現象が確認できる（図11）。

概ね1㎡ごとの群集密度を10人/㎡以上、密度8人/㎡～密度9人/㎡、密度8人/㎡以下の3段階に分類して、その密度変動状況を分析すれば密度10人/㎡以上の範囲が大きく拡大される状況が確認できる。

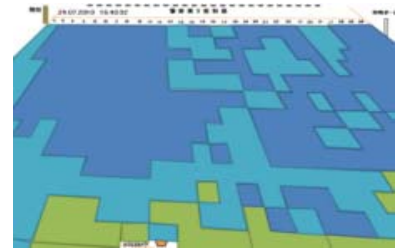
その状況は図13(1)～図13(3)の通りである。

② 映像分析による個人の移動状況

限界群集波動現象は、全体的には大きくゆったりとした群集波動である。

しかし、個々の移動状況を計測すれば概ね1㎡範囲内で、場所ごとに異なる左右の回転と横移動など複雑なねじれを伴う面移動であることが確認できる（図14）。

16：40：32



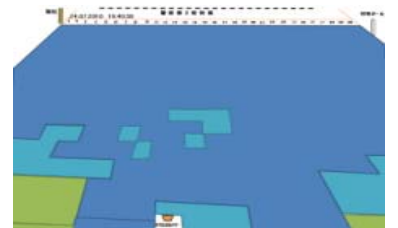
(1) 群集密度変動 (図13)

16：40：34



(2) 群集密度変動 (2秒後)

16：40：36



(3) 群集密度変動 (4秒後)




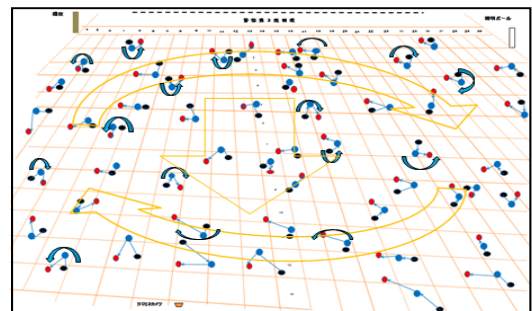
凡例  密度10人以上/㎡  密度8～9人/㎡  密度8人以下

図13 群集密度の変動 (4秒間)



● 16：40：32 ● 16：40：34 ● 16：40：36

図14 個人移動計測図 (図14(1)～(3))

e) 集団及び個人の危機回避行動

群集密度概ね10人/㎡以上の超高密度群集滞留状態では、群集相互の救助活動、無統制な誘導行為に従う集団行動及び個人の危機回避行動（パニック）が、以下の通り見られる。

① 集団の危機回避行動

無統制な誘導行動（図15の○印で示す行為）と群集の逃避方向として、階段(幅員76cm)と照明柱に対するわずかな逃避可能性を求める集団の関心と危機回避行動が見られる（図15、図16、図17）。

特に、転倒事故が発生した階段下では、救助活動と階段を利用して逃避を図る危機回避行動(図17)が広い範囲で確認でき、その付近で転倒事故が発生した(図18)。

②個人の危機回避行動事例

超高密度群集滞留下で、平常心なら行い得ないであろう滞留群集の頭上を階段に向けて泳ぐように移動する個人の逃避行動が確認できる(図19).



図15 誘導行為と群集の逃避方向

→ 回避方向 〰 回避群集範囲 ○ 誘導行為



図16 照明柱への危機回避動向



図17 階段への危機回避動向



図18 階段下転倒状況



図19 個人の危機回避行動  
(図15～19はYou Tube映像引用)

f) 超高密度群集滞留の形成と限界群集波動現象のまとめ

映像分析の結果得られた超高密度群集滞留の形成経過と限界群集波動現象の特徴は次の通りである。

i) 超高密度群集滞留の形成と限界群集波動現象の特徴

① 超高密度群集滞留の形成

主催者要請により警察規制を開始して37分でアクセス全面の衝突形態で、急激に高密度群集滞留が形成された。

② 滞留人員推計

超高密度群集滞留人員は、会場アクセス道路映像の計測で面積約3万5千㎡、平均密度11人/㎡で約3万3千人強。

③ 超高密度群集滞留の継続時間

警察規制線3付近での超高密度滞留の継続時間は、映像による確認で16:20頃から高密度化が始まり転倒(図18)まで約21分間(16:20～16:41:09頃)。

ii) 限界群集波動現象の特徴

① 超高密度滞留群集内に、外見上群集全体に大きく、ゆったりとした限界群集波動現象が見られる(図11)。

② 群集波動現象内の個々人の動きは、概ね1㎡内で左右に回転しながらねじれる面移動現象である(図14)。

③ 滞留群集内で、相互の救助活動、無統制な誘導行為や危機回避を図る集団的、個人的な危機回避行動が見られる(図15)。

④ 滞留時間が長くなれば、不安感が増幅して群集内の波動現象が複雑化する(YouTube映像<sup>9)</sup>の観察による)。

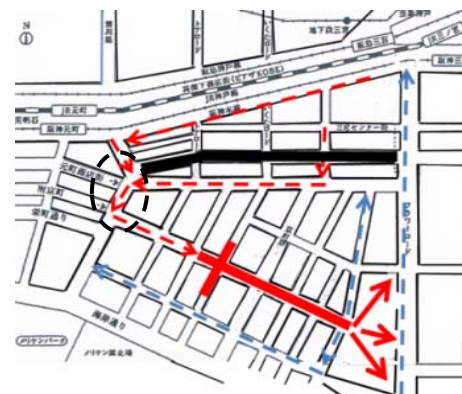
⑤ 怒号と悲鳴で誘導等正確な情報伝達が不可能な喧騒状況である(YouTube映像<sup>9)</sup>の観察による)。

(3) 事例3 神戸ルミナリエ(1995年～2000年)

本事例は一方向流で発生した高密度群集滞留である。本事例では、群集滞留の形成過程及び解消経過を考慮しないで、高密度群集滞留下での群集現象のみに着目して、警備責任者の立場で目視観察した個人記録であるが高密度群集滞留下での群集現象分析の参考となる。

a) 群集滞留の形成経過

第1回神戸ルミナリエ<sup>(11)</sup>の来場者予測は11日間で76万人であったのに対して実際は254万人であった。このイベントの性格は、目的が震災の犠牲者の追悼と被災者の激励であり厳粛なものであった。開催場所は、繁華街の中心部道路約680mであり、年末の日常生活流とルミナリエ来場者流の分離を図る必要があった。群集誘導方策は、一方通行方式とし、必要な地域の群集流動計画を策定した。ルミナリエは点灯時の人気が高く、点灯時刻約3時間前から交通規制による道路開放を待つ状況であったが、群集誘導導線設定に必要な道路が工事中のため通称鯉川筋に待ち列を滞留させざるを得なかった(図20)。



→ ルミナリエ通り 〰 誘導線 ○ 滞留場所 〰 工事  
図20 神戸ルミナリエ会場における地域導線計画図

b) 高密度群集滞留の形成と群集波動現象の発生

i) 高密度群集滞留の形成

鯉川筋(幅員24m~30m, 長さ128m, 約3千500㎡)には、平均密度8人/㎡で約2万8千人が2~3時間滞留した。

道路を来場者に開放した当初は概ね密度5人/㎡であったが、周辺からの来場者の継続流入によりルミナリエ通り入口に近い場所から順に群集の高密度化し、次第に道路一面に滞留が拡大した(図21, 図22)。

ii) 群集波動現象の発生

群集滞留が、ルミナリエ通り入口から北に概ね密度8人/㎡で北方向に約50m付近まで滞留幅が拡大すると群集波動現象が始まり、更に鯉川筋道路全域(幅員25m~30m, 長さ128m)に至れば、滞留群集の約半分の50m付近を境にして、前方群集の集団と後方群集が2分割される形で交互に左右に揺れる群集波動現象の発生が観察された。

c) 群集波動現象観察記録

神戸ルミナリエへの来場状況は、ルミナリエの点灯を見物するために点灯時間の2~3時間前から歩道上で滞留し、上記に示したように鯉川筋の交通規制解除と同時に群集は道路に出てルミナリエ通り入口に近い場所から滞留を始めた(図21, 図22)。

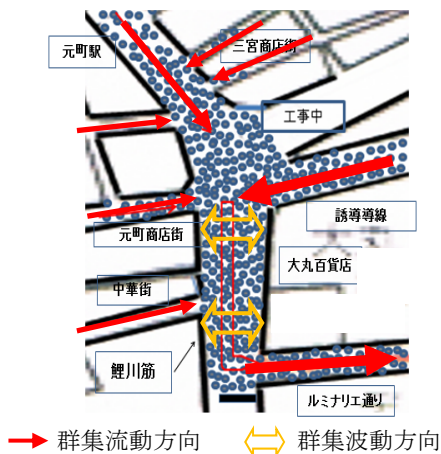


図22 鯉川筋群集滞留状況 (神戸新聞提供)

警備責任者であった筆者の一人が、神戸ルミナリエ第1回~第6回までの間、合計31回の鯉川筋群集滞留の波動現象を観察した結果は次の通りである。

i) 来場者数は、週休2日制により休日の前日の金曜が多く、連休では前日と中日が多く月曜日が少ない傾向がある。開催期間中の月曜・金曜・土曜の密度と群集波動現象を観察の上記録した。

ii) 観察の方法は、密度はルミナリエ入り口付近道路上にあらかじめ100㎡範囲で計測面を設定し、群集滞留時に約4mの高さの台上及び周辺ビル屋上から目測で計測した。

iii) 群集の揺れ幅は、建築物に定点を定め、帽子や服装など特徴的な人物の揺れ幅について目測による方法で観察を行い平均値を表1の通り個人メモとして記録した。

表1 鯉川筋群集波動観察記録(期間中の平均値)

年度	曜日	揺れ幅cm	群集密度	年度	曜日	揺れ幅cm	群集密度
'95	月	0cm	5人/㎡	'98	月	0cm	5人/㎡
	金	50cm	8人/㎡		金	50cm	8人/㎡
	土	60cm	9人/㎡		土	50cm	8人/㎡
'96	月	0cm	5人/㎡	'99	月	0cm	5人/㎡
	金	60cm	6人/㎡		金	50cm	8人/㎡
	土	50cm	8人/㎡		土	40cm	7人/㎡
'97	月	20cm	6人/㎡	'00	月	0cm	5人/㎡
	金	40cm	6人/㎡		金	50cm	8人/㎡
	土	50cm	8人/㎡		土	50cm	8人/㎡

d) 高密度群集滞留の形成と群集現象のまとめ

事例1, 事例2は群集の対向流による群集滞留であるに対して、本事例は一方方向流での高密度群集滞留の形成例である。幅員約25mの群集動線から幅員約12mのルミナリエ通りへの群集流動のボトルネック構造の道路及び行きの開始待ち群集による群集滞留であり、商店街等からの後続群集が継続流入して高密度群集滞留を形成した。

そして、群集密度が概ね8人/㎡に達すれば、群集内で20cm~60cm程度揺れる群集波動現象が発生し、密度が高くなれば波動幅が拡大する現象が確認された。

4. 群集滞留の拡大過程と群集現象のまとめ

事例1~事例3の雑踏事故事例、及び、雑踏事故に至らなかったが高密度群集滞留が発生した事例分析の結果、群集滞留の発生及び拡大過程、高密度群集滞留下での群集現象は次の通りである。

(1) 群集滞留の発生

高密度群集滞留に至る群集滞留の発生要因は次の通りである。

a) 群集滞留発生の構造物上の要因

逃げ場のない閉鎖的な道路、登り坂、階段、道路幅員の狭小化、道路合流点、多数の群集が双方向からの交錯対向流、行事や景観の観覧ポイント等。

b) 輸送機関の要因

輸送能力、駅の乗降客処理能力。

c) 会場空間利用上の要因

会場の集客行事の配置、会場出入り口、及び、アクセス上の集客行事の配置。

(2) 高密度群集滞留の形成

群集滞留に後続の群集が継続流入する群集の累積で密度が次第に上昇する加重密度現象により「高密度化、高圧力化」した高密度群集滞留を形成する。

(3) 群集波動現象の発生

高密度群集滞留内では、イベントの性格と季節により影響されるが、群集密度が概ね8人/㎡以上に至れば、群集内における密度と圧力分布の差異に起因する群集の揺れである「群集波動現象」が発生する。

(4) 超高密度群集滞留下での限界群集波動現象の発生

密度が概ね10人/㎡以上の超高密度群集滞留下では、密度と圧力分布の差異による群集波動現象に加えて、群集の集団と個人による危機回避行動による大きな揺れとねじれ現象を伴う複雑な「限界群集波動現象」が発生して、圧迫や転倒による雑踏事故に至る可能性が高くなる。

(5) 超高密度群集滞留下での危機回避行動

**a) 集団による危機回避行動**

群集による相互救助活動と無統制な誘導など、わずかな逃避可能性を求める集団的な危機回避行動が発生する。

**b) 個人の危機回避行動**

時間経過により恐怖感と不安感が高揚し、生命の危険からの逃避を求めて、通常の状態では行われない個人の危機回避行動が発生する。

**(6) 群集滞留の拡大過程と群集現象のまとめ**

群集滞留は、階段や登り坂等での歩行渋滞、道路の狭小化等構造的要因により円滑な群集流動が阻害される群集流動のボトルネック、多数の群集が双方向から交錯する対向流、群集の合流や景観観覧による滞留、及び、これらの複合等で発生する場合が多い。

これらの不規則かつ無秩序な群集滞留が、群集の累積により高密度群集滞留に拡大する。

そして、密度が概ね8人/m<sup>2</sup>に至れば、群集内での密度と圧力分布の差異に起因する群集波動現象が発生し、密度が概ね10人/m<sup>2</sup>以上になれば、密度と圧力変動に加えて恐怖感から個人と集団の危機回避行動が発生して複雑な群集波動現象に増幅して雑踏事故に至る可能性が高くなることが明らかとなった。

分析を行った第32回明石市民夏まつり、Love Parade、神戸ルミナリエの群集滞留の拡大過程及び群集現象の比較を表2に示す。

また、分析で得られた高密度群集から超高密度群集滞留に至る群集滞留の拡大過程を図23に示す。

表2 イベント別群集現象の比較

項目 / イベント名	明石市民夏まつり	Love Parade	神戸ルミナリエ	カウントダウン
1. 高密度群集滞留の発生	* 橋上の観覧滞留に対向流が継続流入して滞留が発生した。	* 警察規制線3で対向流の正面衝突形態で滞留が発生した。	* ルミナリエ点灯待ち列で滞留が発生した。	* 橋上の観覧滞留に対向流が継続流入して滞留が発生
2. 波動現象の発生		* 全体的に大きく揺れ、個人は回点しながら概ね1m <sup>2</sup> 内で面移動	* 観察の結果、密度8人/m <sup>2</sup> で発生し、上半身30~60cmの揺れ。	* 未確認
3. 限界群集波動現象	* 事故発生時に人津波が発生し身体のせり上がりが見られた。 * 人津波が4~5回発生	* 10人/m <sup>2</sup> 以上で発生する。 * 過密波動現象下で浮き上がり状態が発生する。		
4. 危機回避行動	* 屋根上からの誘導行為、戻れコール及び歩道橋外側点検通路を通行する集団と個人の危機回避行動が見られた。	* 救助活動と無統制な誘導行為による集団の逃避行動と個人の逃避行動が見られる。		* 戻れコールと歩道橋外側の点検通路の通行等集団と個人の危機回避行動が見られた。
5. 密度と圧力移動	* 高密度群集滞留下では群集の間隙に向けて密度が移動する	* 密度と圧力の低い方向に滞留群集は移動して群集波動が発生する。	* 3~4秒周期で左右に揺れる揺れ戻し現象を確認。 * 上半身のみ波動現象	* 帰路の階段入口付近で、先を争う押し合いによる群集集団の変動が見られた。
6. 行事の性格・季節	* 花火中心で興奮度は中 * 季節は夏、早晚発生事故	* 世界的な参加者で興奮度は高い。 * 季節は夏、昼間発生事故	* 慰霊目的で興奮度は低い。 * 季節は真冬、早晚帯行事	* 21世紀を迎える年末年始行事で興奮度は中の上程度

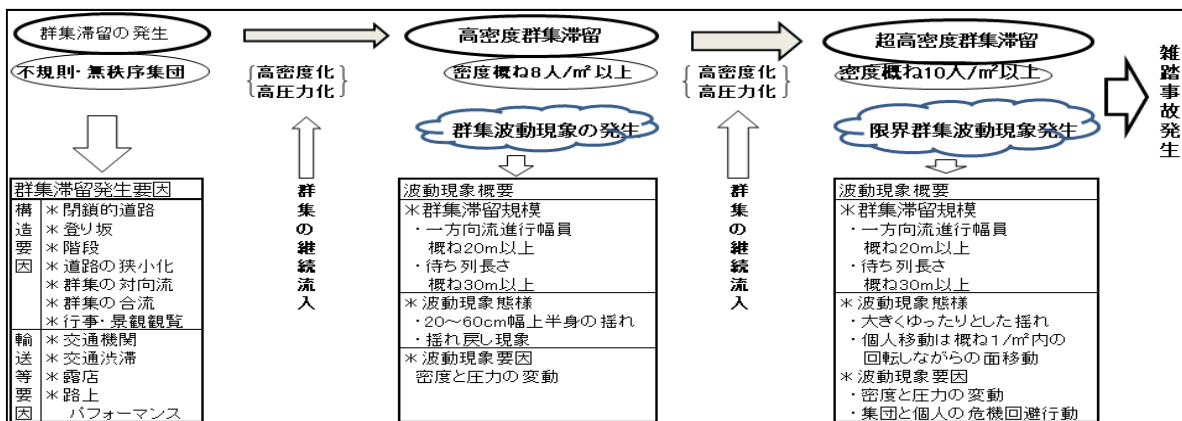


図23 高密度群集滞留から超高密度群集滞留を経て雑踏事故に至る群集滞留の拡大過程

**5. 群集波動現象への対応方策**

雑踏事故に連動する可能性の高い高密度群集滞留下での群集波動現象に対応する安全方策の基本は、群集滞留の発生防止であり、その対応方策は次の通りである。

**(1) 高密度群集滞留に関する危機意識**

一般的に、雑踏事故が発生すればイベント主催者、イベント企画者、警備会社、警察その他のイベント関係者の危機意識不足と安全措置について指摘される。

雑踏事故の危機意識は、「何が、どのように危険なのか」、前節で示した群集滞留拡大過程のような具体的な危険を認識することにより醸成される。

また、安全措置は、前節で明らかとした具体的な高密度群集滞留と、そこで発生する群集波動現象の危険を認識することにより、雑踏事故を回避するために「どのような状況で、どの時期に、如何なる安全措置を取るべきか」について具体的な危機感が醸成される。

**(2) 群集波動現象に対応する適正な安全方策**

高密度群集滞留下での群集現象分析で見られるように、群集圧力の高さに耐え得る警備力と警備手法に限界が生じて群集誘導が非常に困難となる。従って、群集滞留の防止と、群集滞留が発生した場合は早期に解消する安全措置が雑踏事故の防止を図ることが基本方策となる。

そのためには「安全対策視点での会場適性」(妥当な

来場者数予測・会場空間利用計画・適正な会場アクセス) 検討のほか、安全措置の実施に当たっては、群集流動に関する情報を収集して早期に群集滞留の解消措置を実施することが重要となる。

また、群集を滞留させざるを得ない場合は、群集流動量を勘案した適正な群集誘導計画が必要である。

### (3) 高密度群集滞留下での雑踏事故防止安全方策事例

2000年12月大晦日から2001年元旦にかけて、明石市内大蔵海岸で開催された「ジャパン・カウントダウン2001」<sup>(12)</sup>で「第32回明石市民夏まつり」と同じ朝霧歩道橋の南端付近で雑踏事故寸前の高密度群集滞留(群集密度推定12人/m<sup>2</sup>)が発生した<sup>5)</sup>。

雑踏事故の防止を図るため、下記に示す緊急警備措置を実施した結果、雑踏事故寸前の高密度群集滞留は約20分間で解消し雑踏事故を防止した<sup>5)</sup>。

第32回明石市民夏まつりでは、類似の高密度群集滞留から雑踏事故に至ったものであり、本件の雑踏事故回避事例は安全方策上の貴重な教訓となる。

その緊急警備措置として具体的に実施した警備措置は次の通りであった<sup>5)</sup>。

#### a) 迂回措置、階段及び歩道橋北側の進入禁止措置

歩道橋を利用しようとする群集を迂回させ、歩道橋に上がる階段入口及び歩道橋北側からの進入を禁止する措置を実施した。

この措置は、群集の累積による加重密度現象の拡大を防止するものであった。

#### b) 歩道橋滞留群集を歩道橋北側への誘導措置

歩道橋に滞留していた群集を、歩道橋北側から外部へ誘導する措置を実施した。

この措置は、歩道橋上の高密度化した群集滞留の密度の緩和措置であった。

#### c) 制服の警備員による誘導措置

制服警備員が携帯拡声器で「駅方面に引き返して下さい」と滞留群集の直近で誘導した。

この措置は、喧騒を極め、恐怖に駆られる群集に対して、方向を明示して声と動作で行った誘導で、明確な群集誘導行為である。

#### d) 現場広報措置

緊急警備措置に当たり、階段及び階段下付近の滞留群集に対して警備措置の現状と協力要請を具体的、かつ、明確に繰り返し告知した。

この措置は、群集に対して行動指針など不安心理を安定させる情報伝達措置である。

## 6. まとめ

イベント主催者を始めイベント関係者は、事例分析で明らかとなった群集滞留の拡大過程と高密度群集滞留下で、転倒等による雑踏事故発生の可能性のある群集現象を認識し、具体的な危機意識を持つことが重要である。

そのために、雑踏事故の防止を図る妥当な来場者予測とそれに基づく会場利用計画、会場アクセス計画等会場適性に関する検討を行わなければならない。

その上で、本研究で明らかとした具体的な事項に関する雑踏事故の防止を図る適正な安全方策を実施する必要がある。

### (1) 群集滞留の発生と高密度群集滞留の形成

階段・道路の狭小化による歩行渋滞など会場及び会場

周辺の構造物条件等により不規則かつ無秩序な群集滞留が発生する。

そしてその群集滞留に後続の群集が継続して流入することにより累積による加重密度と圧力現象により高密度高密度群集滞留が形成される。

### (2) 高密度群集滞留下での群集波動現象

群集滞留が一定の密度に達すれば、密度と圧力分布の差異に起因する群集の揺れ現象である「群集波動現象」が発生する。

群集波動現象は、神戸ルミナリエでは群集滞留規模が進行方向幅員概ね20m以上、待ち列長さが概ね50m、密度が概ね8人/m<sup>2</sup>に至れば、群集内に概ね20cm~60cmで上半身を中心にして左右に揺れる「群集波動現象」の発生が確認され、その群集波動現象は、密度が高くなれば揺れ幅が大きくなることが確認された。

### (3) 超高密度群集滞留下での限界群集波動現象

「第32回明石市民夏まつり」や「Love Parade」の分析結果で明らかのように、群集密度が概ね10人/m<sup>2</sup>以上の超高密度群集滞留に至れば、群集波動現象に加えて、群集が恐怖心からパニックに陥り、わずかな逃避可能性を求めて集団的な危機回避行動や平静な心理状態では行わないであろう個人の危機回避行動に起因する複雑な「限界群集波動現象」が発生し雑踏事故に至る可能性が高くなることが明らかとなった。また、滞留時間が長くなれば不安心理が増幅される状況が推測される。

### (4) 超高密度群集滞留下での密度と圧力の関係

群集波動現象は、高密度群集滞留下での密度と圧力分布の差異により発生する。当然のことであるが、密度と圧力は波動現象の揺れ方向に作用する。

「明石市民夏まつり事故調査委員会報告」による雑踏事故発生時の密度と圧力の関係は、密度13人/m<sup>2</sup>~15人/m<sup>2</sup>で、一方向流の圧力は進行方向に対して400Kg/m、横方向に158Kg/mと推定している。その上で、密度13人/m<sup>2</sup>では300Kg/m<sup>2</sup>、密度14人では400Kg/m<sup>2</sup>、密度15人では540Kg/m<sup>2</sup>に達すると推定している。

### (5) 高密度群集滞留に対応する適正な安全方策

高密度化した群集の誘導は、事例1「第32回明石市民夏まつり」、事例2 デュイスブルク Love Parade、事例3 神戸ルミナリエに示す通り、その密度に伴う強い圧力によって非常に困難である。

高密度群集滞留に対応する適正な安全方策は、イベント企画段階から安全対策視点での会場適性の評価に基づく群集流動量予測に基づく群集誘導計画を策定することである。

また、イベント開催現場では、群集滞留を発生させない、また、発生した場合は早期に解消を図る安全方策を実施することが基本である。

しかし、高密度群集滞留が発生した場合でも、ジャパン・カウントダウン2001の緊急警備措置の事例が示すように、早期に適切な安全措置を実施することにより雑踏事故の防止を図る可能性があることが参考となる。

## 7. 謝辞

イベント事例分析を行うに当たり、分析対象のイベント主催者、及び、担当イベントプロデューサー等関係者



の方々のご説明や資料の提供、及び、ドイツLove Parade 雑踏事故現地調査に当たり、当該イベント担当者との協議、雑踏事故現場視察や貴重な資料提供などの手配を頂いた駐ドイツ日本大使館一等書記官山本将之様及び同総領事館領事森田洋様のご尽力に対して心から感謝の意を表します。

## 補注

### (1) 北京花火大会雑踏事故概要（2004年2月）

北京郊外の白河付近で開催された花火大会で、約3千人の群集が白河に架かる橋梁を両側から渡り始めて中央付近で全面衝突状態で滞留し、高密度による圧力で欄干を倒壊して河に転落、犠牲者37人、負傷者37人を出した雑踏事故。

### (2) カンボジア・ブノンペン花火大会雑踏事故概要

(2010年10月)

メコン川とその支流に囲まれた中洲で開催された水まつりでの花火大会で、幅員6m、長さ100mの橋梁に来場群集と帰路群集が集中して高密度化し、密度と圧力の変動及びパニックにより転倒と川に転落して、犠牲者約348人、重軽傷者600人強を出す雑踏事故が発生した。

### (3) イベント警備実績

警察機動隊イベント等主要警備実績：天神祭、造幣局桜の通り抜け警備企画実施管理、1945年大阪万博(警察機動隊中隊副官)、岸和田だんじり祭警備（警察機動隊中隊長）、御堂筋パレード（警察機動隊大隊長）。

民間警備会社イベント等主要警備実績：1994年関西国際空港開港警備実施管理、2005年愛知万博輸送安全警備実施管理、その他淡路花博、神戸ルミナリエ(第1回～第7回)、国民体育大会等大規模イベント約250件以上。

主催者警備アドバイザー実績：2002年FIFAワールドカップ日韓大会大阪市推進室調査役、2001年福岡県大飯町火勢花火大会警備顧問、第3回世界水フォーラム実行委員会事務局警備アドバイザー、2007年世界陸上大会大阪大会大阪市警備アドバイザー。

(4) 群集密度は、岡田他<sup>3)</sup>により次のように定義されている。

人が1 m<sup>2</sup>の単位面積に立つ人数を言う。

$$\text{群集密度} = \frac{\text{群集を構成している人数 (人)}}{\text{群集の占有面積 (m}^2\text{)}}$$

(5) 群集圧力は、吉村<sup>4)</sup>により次のように定義されている。

群集圧：壁面の単位長さ（1m）あたりに作用する力（kg/m）

正面圧：群集に一方から力を加えたときに、その方向に伝わる壁面の単位長さ（1m）あたりに作用する力（kg/m）

側面圧：群集に一方から力を加えたときに、その方向から横方向に伝わる単位長さ（1m）あたりに作用する力（kg/m）

### (6) 朝霧歩道橋通過可能人員

一方向流としてネックとなる階段部分での群集流動によって規定される。通常時の階段流動係数を1.3人/m・secとすると、階段幅員は3mであるので、これから階段の一方向流の流動計算を行うと1.3人/m・sec×3m×60sec×60min=14,040人/hとなり、これが朝霧歩道橋の最大通行可能人員となる。

### (7) Love Parade概要

東西ドイツの壁崩壊を記念して開始された「愛の音楽」行事で、各都市持ち回り形式で年1度開催されてきた。来場者は、150万人～200万人等と発表されている。2010年はデュイスブルクで開催されたが雑踏事故が発生したため今後の開催は中止とされた。

### (8) 対向群集流動

対向群集流動には、誘導によって分流化した流動と分流化されていないために道路全般で交錯する流動がある。後者を交錯対向流と呼称する。

### (8) Love Parade URL

[http://www.youtube.com/watch?v=1kXtBaiwwP8&feature=watch\\_respon](http://www.youtube.com/watch?v=1kXtBaiwwP8&feature=watch_respon)

### (9) 群集流動での警察規制

群集流動での警察規制とは、安全を確保を目的として行われる方向変更・停止・進行等の警備措置を指す。

Love Paradeでの警察規制は、群集誘導線(幅員18m)に横1列乃至は2列で警察官が人垣を作る方式で群集の進行を阻止する規制措置であった。

### (11) 神戸ルミナリエ

1995年阪神淡路大震災の年末、神戸市内旧外国人居留地区中心に開催された観客通過型のイベントである。開催趣旨は、震災犠牲者の慰霊・被災者の激励・観光神戸の復興で、現在も継続実施されている。第2回以後15日間で490万人の来場が記録された。

### (12) ジャパン・カウントダウン 2001

兵庫県、明石市、垂水区、洲本市及び政府のインターネット博覧会が共催する明石海峡大橋世紀越えイベント「ジャパン・カウント 2001」で、2000年大晦日から2001年元旦まで開催した世紀越えイベントである。

## 参考文献

- 1) John J. Fruin, The Causes and Prevention of Crowd Disasters, originally presented at the First international Conference on Engineering for Crowd Safety, London, England, March 1993. Revised exclusively for crowdsafe.com, January 2002.
- 2) 明石市民夏まつり事故調査委員会：第32回明石市民夏まつりにおける花火大会事故調査報告書、2002。
- 3) 岡田光正、吉田勝行、柏原史郎、辻正矩：建築と都市の人間工学、鹿島出版会、1977。
- 4) 吉村英裕、柏原士朗、横田隆司、飯田匡：日本建築学会大会講演梗概集、p.943、2003。
- 5) 貝辻正利、北後明彦：大規模イベント「ジャパン・カウントダウン 2001」の高密度群集滞留の予見と危機の回避が出来なかった要因に関する事例分析、神戸大学大学院工学研究科・システム情報学研究科紀要、第2号、pp.1-13、2010。

(原稿受付 2012.1.6)

(登載決定 2012.5.26)