

# 集客施設における 退場時の混雑緩和に対する検討

首都大学東京 都市教養学部都市教養学科経営学系経営学コース

大尾和葉

(指導教員：森口聡子)

## 第1節 はじめに

音楽やスポーツのイベントには大勢の観客が訪れる。集客人数は大規模なものだと十数万人に及ぶ場合もある。その人々が帰宅の途へ着くため施設内から退場しようとするとき、多くの場合で混雑が起こる。混雑は気持ちを不安定にさせるだけでなく怪我を招くなどのリスクがある。また、そのイベントに参加した関係者のみでなく、周辺の公共交通機関にも大きな影響を及ぼす。

日本国内で発生した雑踏事故事例として、1956年に発生した彌彦神社事件(死者124名、重軽傷者77名) [2]や、2001年に発生した明石花火大会歩道橋事故(死者11名、重軽傷者247名) [1]がある。1900年から1999年の間に日本国内で発生した「死亡または負傷者10名以上及び調査委報告事例」は93件あり、その中にはコンサートやスポーツ関係のイベントが多く含まれていることが分かる。[1,6]こうした雑踏事故を防ぐため、多くの人が集まる場での安全な誘導方法を模索することは必要不可欠である。加えて交通網の発展した近年では遠方から来場する人も多い。遠方からの来場者や外国人観光客といった人たちは、土地勘がないことや日本語表記の案内板が理解できないといった要因から退場に時間がかかることがある。

本研究では、人々の行動特性を考慮し、集客施設でのイベント終了後の帰宅経路へ誘導する過程についてシミュレーションを行い、群集全体がどういった要因から混雑を生み出してしまうのか検証する。またその結果に基づき、よりよい誘導方法や施設の構造について検討する。

本稿の構成は次の通りである。第2節に研究の背景について解説し、第3節で関連研究を紹介する。第4節では本研究におけるシミュレーション設定について述べ、第5節で結果を示し第6節で本研究をまとめる。

## 第2節 背景

明石花火大会歩道橋事故の起きた要因として、下記のように分析している。[1]

### 1. 警備体制の不備

## 2. 立地的問題

1. 警備体制の不備に関しては、当時主催者側・所轄警察署側・警備会社側においての連携が不十分であり、容易に予測できたであろう事象に対する対応を怠ったことが認められる。2. 立地的問題に関しては、実際に事故が発生した歩道橋にあり、以下の要因があると考えられる。

- ・ 会場最寄りのJR朝露駅から会場までの最短経路として利用させる経路にこの歩道橋があること
- ・ 橋の上は花火見物の絶好の場所であったこと

明石花火大会事故に習い、警備体制と立地の観点にも着目し研究を進めることとする。田中[6]は「十分な警備員を配置することと述べているが人件費や大量の警備員による威圧感を与えてしまうことと人員確保の困難性が課題である」としている。

## 第3節 関連研究

### 3.1 エージェントベースモデル

エージェントベースモデルとは、何らかの行動ルールを持つ多数のエージェントの相互作用の結果が、システム全体に与える影響をシミュレートするモデルである。エージェントベースモデルにはマルチエージェントモデル、ポテンシャルモデル、RVO (Reciprocal Velocity Obstacles) モデル、Social Force モデル等がある。

安福[3]は、RVO モデルをより人の形状に近づけるため円形から楕円形に変更した。この研究は避難シミュレーションの中でも屋内等の比較的狭い範囲を対象としているため現実に近い再現が可能となる。

磯崎・中辻[4]は、エージェントの経路選択等に重きを置くのではなくエージェント間がいかに影響し合うのかに注目したソーシャルフォースモデルを採用している。多くの研究事例のあるマルチエージェントモデルとソーシャルフォースモデルを、実際に人が避難する実験結果と比較した。その結果、ソーシャルフォースモデルでは実験と似た滞留を再現出来ることが分かった。

### 3.2 移動制約者

吉田・前野・但野[8]はエージェント毎の行動特性を考慮した災害発生時の円滑な誘導方法や街づくりの在り方を検討している。移動制約者とは、高齢者、車いす利用者、外国人観光客といった移動速度の個人差が大きいことや土地や言語に不慣れなこと等

の行動特性を持った人のことを指す。そうした人々には以下のような行動特性があると考えられる。

- ・ 移動速度の個人差が大きいこと
- ・ 段差等が妨げとなること
- ・ 土地や言語に不慣れなこと
- ・ 移動方向が国内在住者と異なること

こうした特性を考慮し、エージェントに一般の成人健常者、高齢者、車いす利用者、外国人観光客といった性格付けを行った。エージェント間の相互作用を研究し、その成果として一時滞在施設への誘導方法の検討、一時滞在施設の設置計画立案、バリアフリー化街づくりの検討などの目的に活用することができる。

この研究では一般的な状況を対象としているため、様々な行動特性を持った人が居合わせる可能性がある。しかし本研究ではイベント開催時という非日常的なシチュエーションを対象としているため細かなエージェントの性格付けの必要性は低いと考える。

## 第4節 本研究におけるモデルの適用

### 4.1 シミュレーション対象施設

今回のシミュレーションでは、東京ドームを対象施設とする。当施設は、東京都文京区に所在するドーム型野球場である。野球のほかにもコンサート等のイベントに使用される。主な最寄り駅は春日駅、水道橋駅、後樂園駅の3つである。

対象施設の概要は以下の通りである。

東京ドーム概要[7]

面積：46,755 m<sup>2</sup> (建築面積)

容積：約124万m<sup>2</sup>

収容人数：55,000人 (野球時 約46,000人)

### 4.2 予備実験

まずは、想定スケールより小さい範囲でのシミュレーションを実行した。同期エージェント/格子グラフによる予備実験では以下のような結果が得られた。(図1,2)



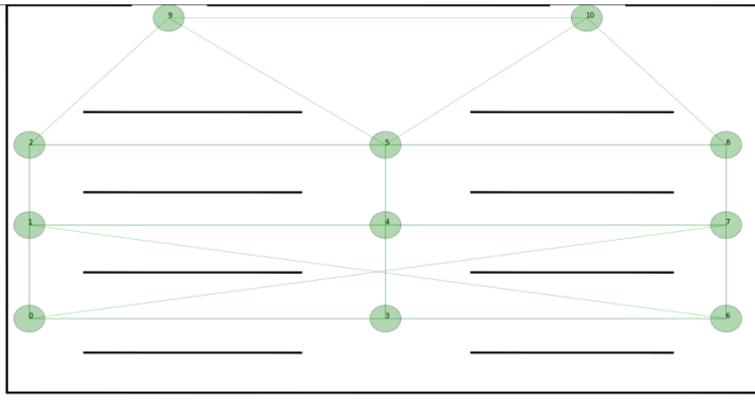


図 4 シミュレーションでのマップ

同期エージェントモデルでは、出口付近における滞留は見られたものの、エージェント間が相互に影響し合っている様子はあまり見られなかった。一方ソーシャルフォースモデルでは、進む方向に他のエージェントがいる場合には避けるため進路を少し変えるなどエージェントがより現実に近い動きをした。また、今回の研究では、多くの障害物や限られた経路を再現する必要があり現実に近いモデルを作成することを目標とするため、**SFM**を採用することとする。

#### 4.3 シミュレーションモデル設定

本研究ではソーシャルフォースモデル (**Social Force Model**) を用いる。ソーシャルフォースモデルとは、歩行者が目的地へ進もうとする力と他者や壁などから受ける反発力を運動方程式に当てはめることで進行方向や速度を算出する手法である。使用するシミュレーターは、**S4 Simulation System** (エスクワトロ・シミュレーション・システム) である。

集客施設における座席の一部を想定した空間を図5のように作成した。

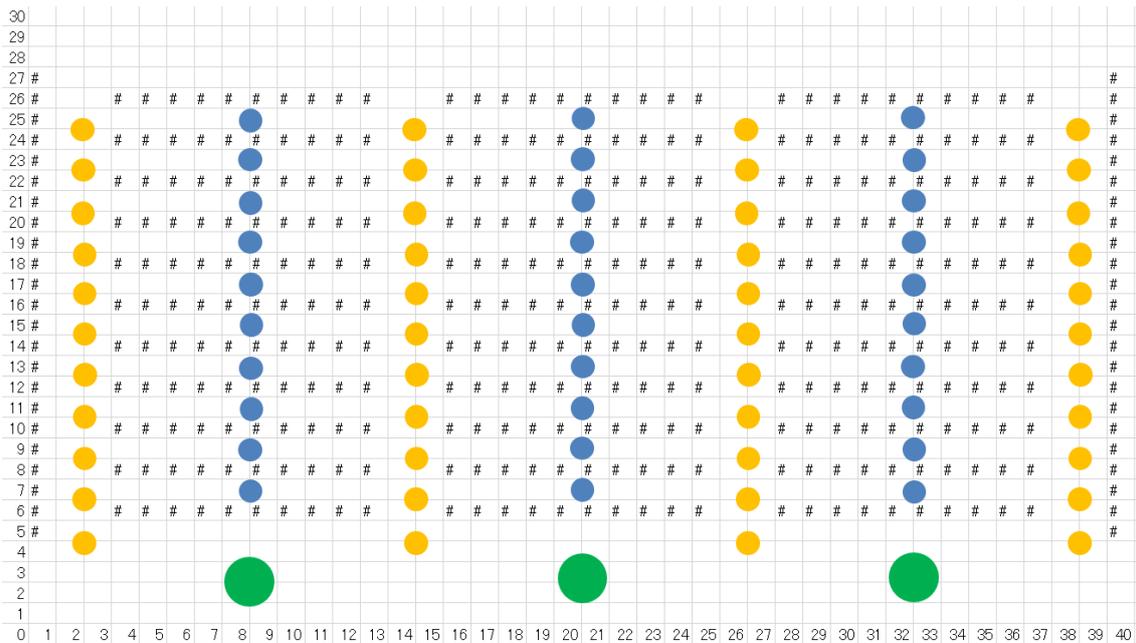


図 5 モデル空間

図において、#は壁や座席といった障害物を示し、黄色の円は経路ポイント、緑の円は出口を表す。また、青い円からは座席から出口へ向かうエージェントが生成される。これらを S4 Simulation System で表現すると図 6 のように表される。

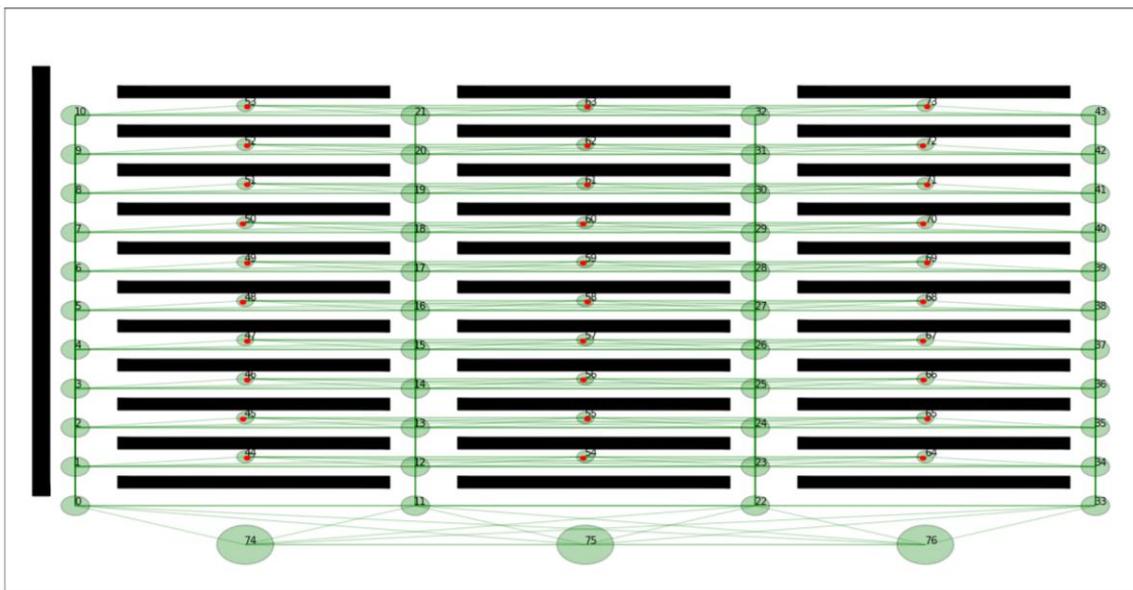


図 6 モデル空間

本モデルでは、生成されたエージェントは座席から経路ポイントを通過し出口へ向かう。

エージェントに関する設定は以下の通りである。

- ・ 最適速度(m/s)=0.6 、最高速度(m/s)=1.5
- ・ 歩行者の半径(m)=0.3、体重(kg)=50.0

#### 4.4 シミュレーションの実行

以下がシミュレーション結果である[図 8,9]。マップ上の赤い点が歩行者を表す。

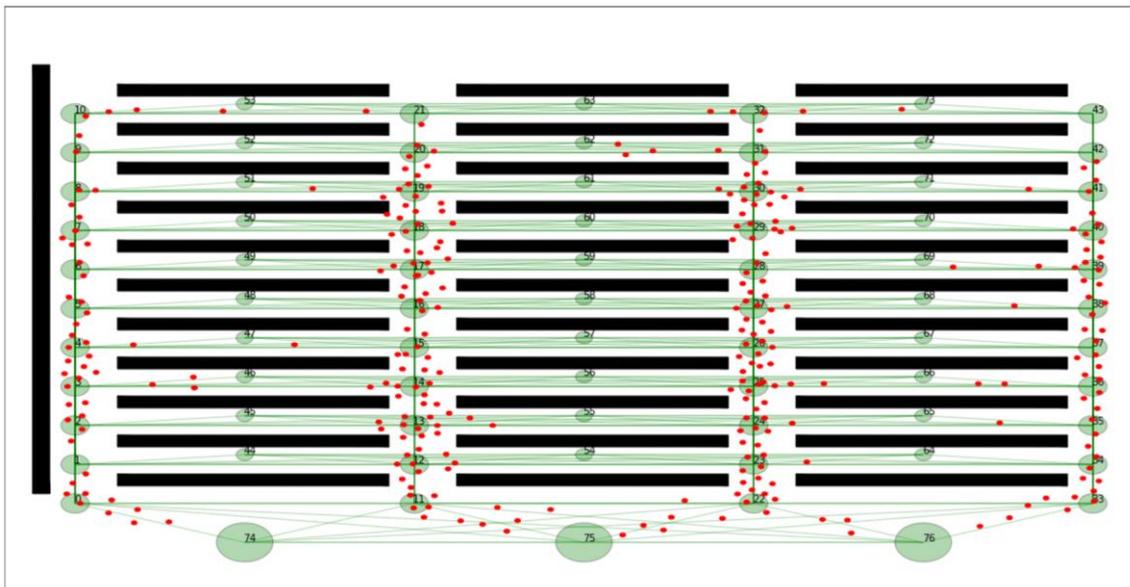


図 7 開始 60 時点

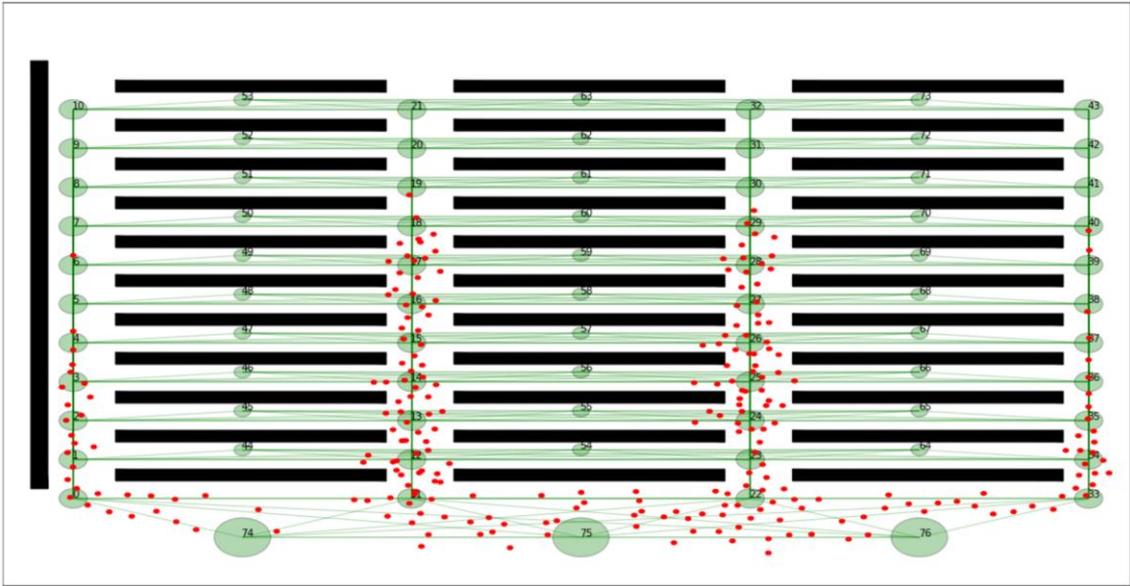


図 8 開始 120 時点

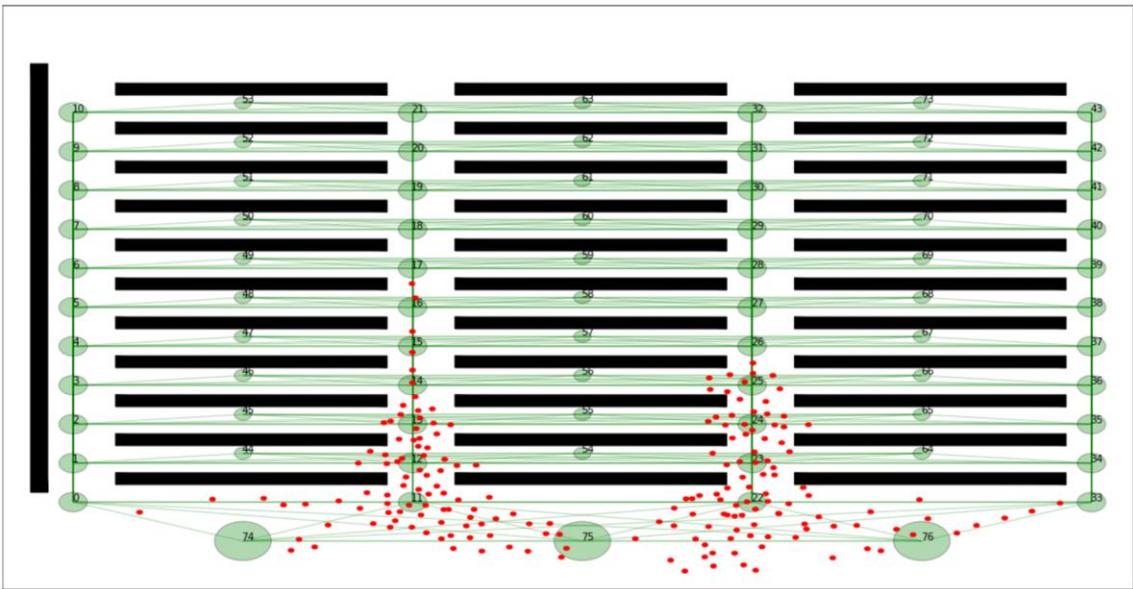


図 9 開始 180 時点

## 経路地点別通過頻度

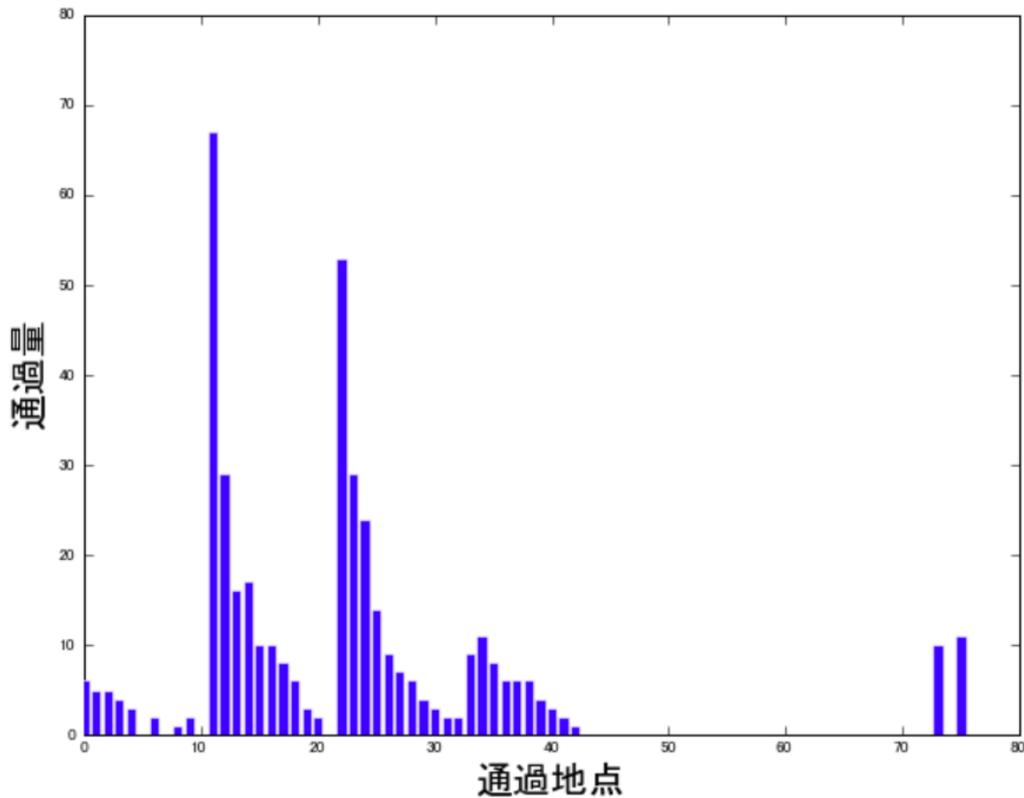


図 10 終了時グラフ

### 第 5 節 結果の分析と考察

退場が開始されてから観客が一斉に出口へ向かう様子を可視化することが出来た。座席列から通路へ観客が殺到し、混雑する様子が見て取れる(図 7)。特に両脇に座席ブロックのある通路は混雑する傾向にあり、両端の通路は比較的空いていることが分かる(図 7,8,9)。

また、最も出口に近い経路ポイントである 0, 1 1, 2 2, 3 3 を比較すると(図 10)、中央寄りの 1 1 及び 2 2 が突出していることが分かる。出口においても同様に、中央を通る観客が多い。

以上の結果から観客は最短経路を進もうとする心理が強く、空いている経路へ移動しようとするエージェントは少ないということが分かる。従って、端の通路や出口へ誘導したり、中央の通路を広い構造にしたりすることで混雑が緩和できるのではないかと考えられる。

## 第 6 節 研究の課題とまとめ

本研究では座席から出口へ向かう際の人の動きや混雑発生の仕方についてシミュレーションを行うことで再現することが出来た。混雑の起こりやすい部分等が明快となったため、実際に緩和することが可能なのかさなる検証を重ねる余地がある。

また、今回の研究では出口から先の通路の混雑は考慮されておらず、出口にたどり着けば外へ出ることが出来る仕組みとなっている。実際には外の通路が混雑しているために座席付近から身動きの取れなくなる状況が発生する。そうした様々な要因を踏まえたうえで改善策を考えていくことが必要だと考えられる。

## 参考文献

- [1] 明石市事故調査委員会 第 32 回明石市民夏まつりにおける花火大会事故調査書 (明石市民夏まつり事故調査委員会 (2002))
- [2] 朝日新聞 昭和 31 年 1 月 3 日付全国朝刊
- [3] 安福健祐 「楕円型 RVO モデルを用いた高密度群集流動の再現」 日本建築学会技術報告集, Vol. 17, No. 35, pp. 187-190 (2011)
- [4] 磯崎勝吾・中辻隆 「Social force model を基にした歩行者の避難シミュレーションモデルに関する研究」 北海道大学大学院工学研究科,平成 21 年度土木学会北海道支部論文報告集第 66 号 D-3
- [5] 小山維之・篠崎喜彦・森下信 「セルオートマンによる群集流動の特性に基づく歩行行動のモデル化 避難行動シミュレーションの開発 その 1」 日本建築学会環境系論文集 第 78 巻,第 691 号,669-677 (2013)
- [6] 田中智仁 「コンパクトシティにおけるイベント警備の現状と課題 仙台市を事例とした考察」 仙台大学紀要 Vol. 48, No.1: 1-12, (2016)
- [7] 東京ドームシティ (アクセス 2017/05/10)  
<https://www.tokyo-dome.co.jp/dome/facilities/>
- [8] 吉田孝志・前野義晴・但野紅美子 「移動制約者を含む群集の広域避難シミュレーション

ン」 日本電気株式会社（アクセス 2017/04/23）

<http://www.sig-bi.bona.jp/doc/2nd SIG-BI 2015 submission 9.pdf>