

性能設計ツールの概要

~ ケーススタディの紹介を中心として ~

松山 賢

(東京理科大学 総合研究所)



はじめに (Contents)

□ 性能設計ツールの紹介 (第5回P-B会議)

■ ケーススタディ

- 米, 英, 仏, 豪, 日の5カ国が参加

■ 通常セッション

- 設計火源 (1題)
- 火災拡大防止 (2題)
- 避難・煙制御 (3題)
- 耐火構造 (2題)



ケーススタディの概要

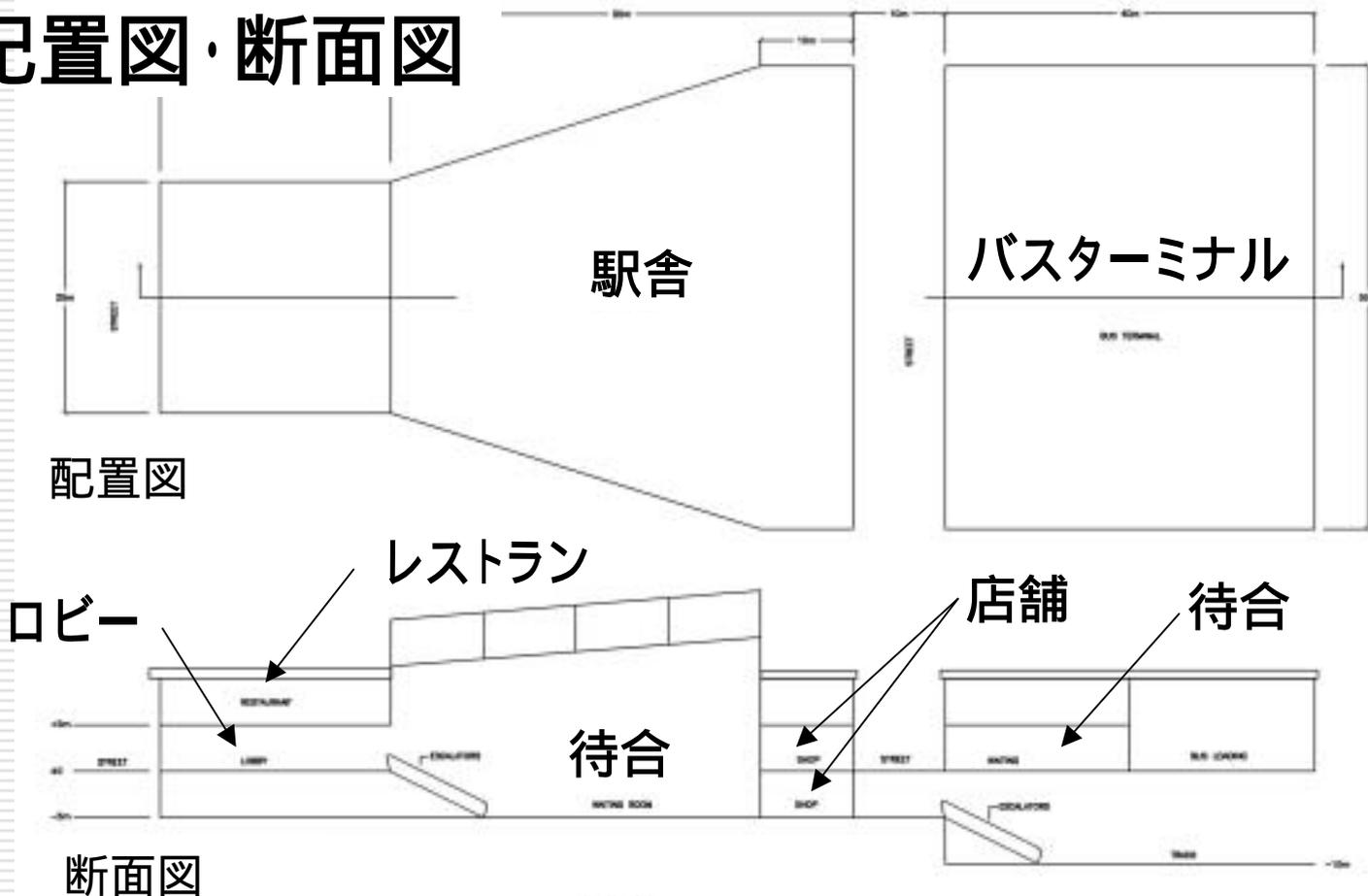
□ 設計課題：国際鉄道ターミナル

- 国境付近に位置
- 列車ターミナルの他，バスターミナルも併設
- 所要室は，店舗，レストラン，待合スペース，テラス，等々
- 駅舎部分はロングスパンの構造体



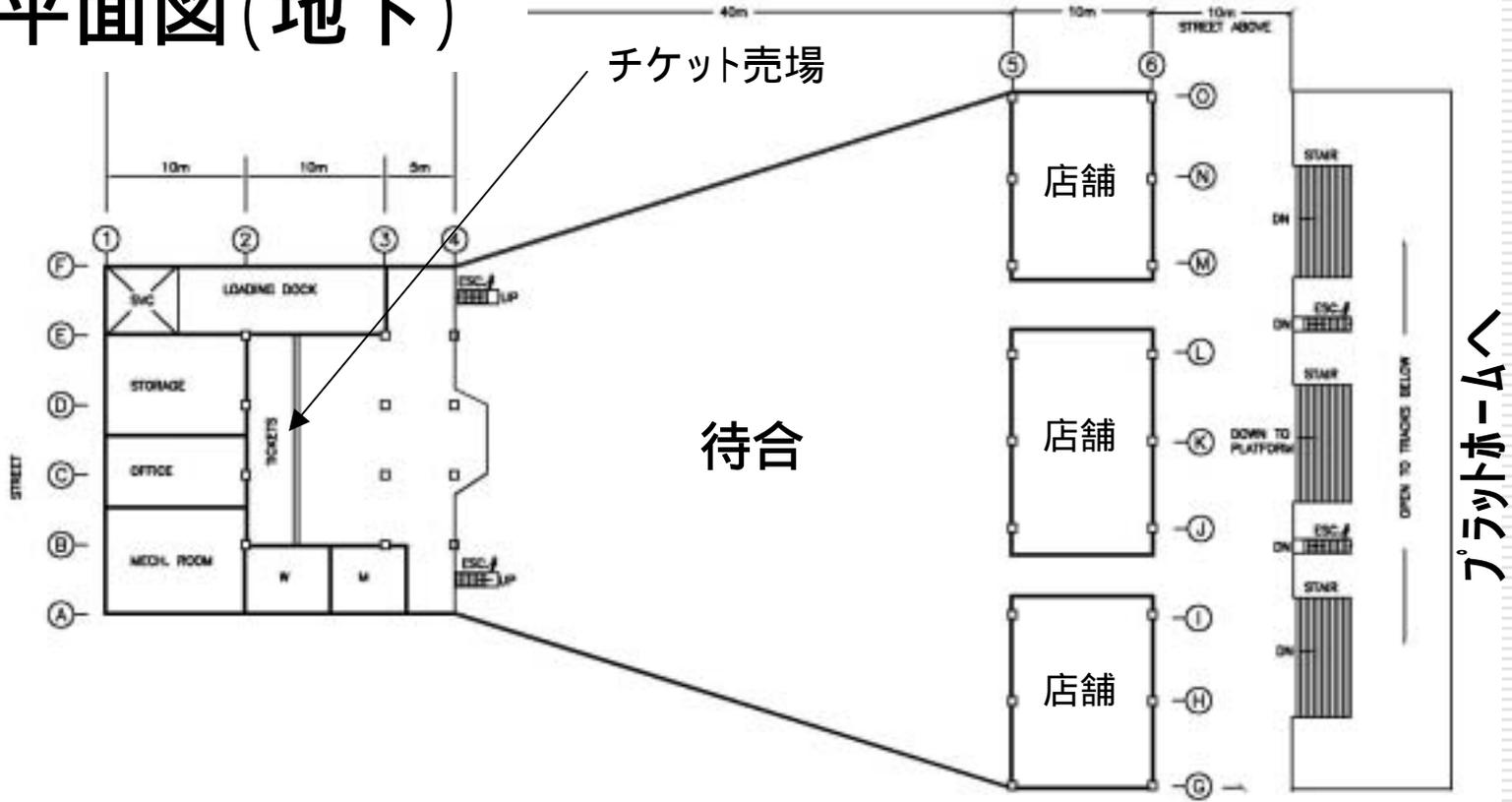
建築概要(1)

□ 配置図・断面図



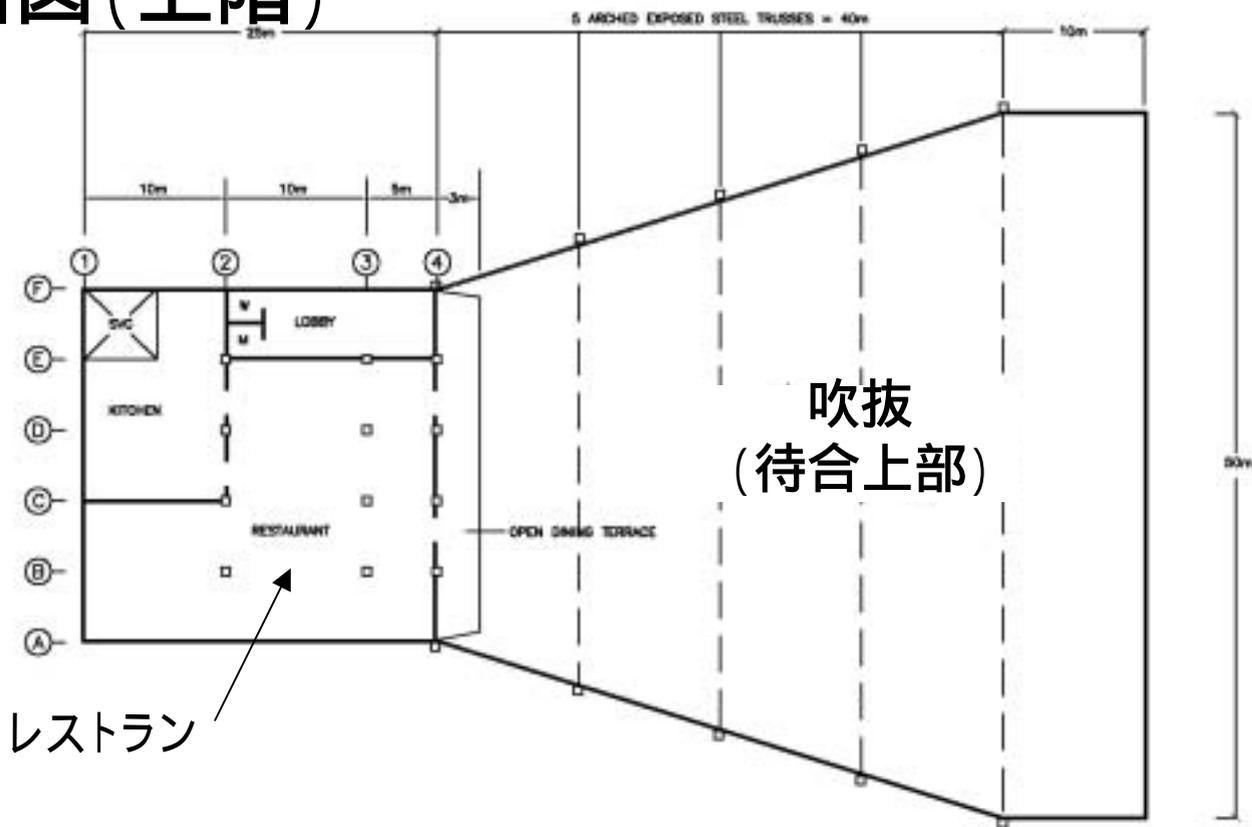
建築概要(2)

□ 平面図(地下)



建築概要(4)

□ 平面図(上階)



設計目標

- 安全な場所まで在館者が避難できること
- 消防士が安全に消火活動できること
- 構造体の全体または部分にわたる崩壊を防止すること
- 火災による使用停止を最小限にすること



設計火源

□ 想定火災シナリオ

| 米 | 英 | 仏 | 豪 | 日 |
|--|------------------------------|--|--|---|
| ゴミ箱火災(プラットホーム) キオスク火災(メインエントランス) 倉庫火災 店舗の天井裏 ゴミ箱火災(レストラン厨房内) 車両火災 バス火災 店舗火災 | 車両火災 バス火災 厨房火災 店舗火災 | レストラン 事務室 店舗 受付デスク スナックバー 保管庫 列車 | 待合室内バッグ火災 待合室内キオスク火災 列車火災 店舗 レストラン 事務・管理室 車庫・修理・乗場 | 主要室(事務室, チケット売場, 店舗, レストラン, カフェテリア, 倉庫等)は全て [局所火災] ・検査員ブース(入国審査室) ・列車4両 ・バス4台 |

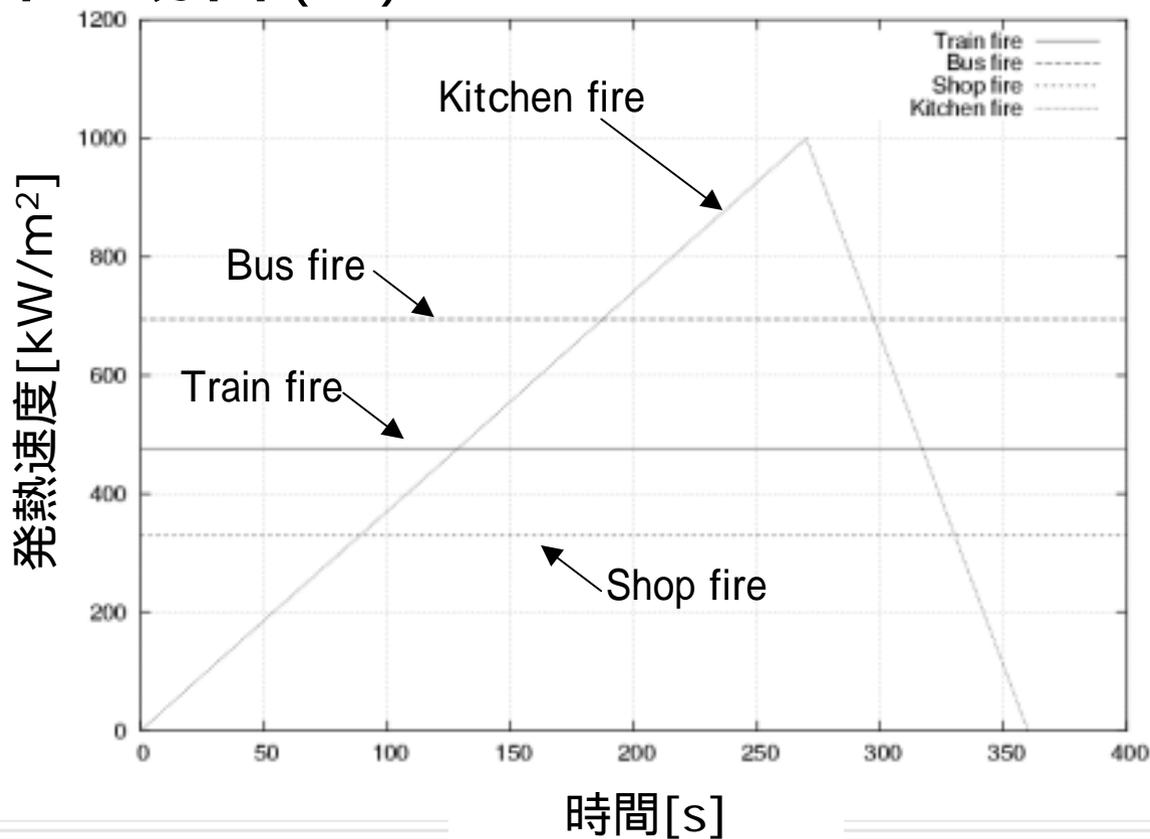
設計火源

□ 米国の場合

| 想定シナリオ | 初期火災拡大 | 最大発熱速度 |
|----------------|------------|----------|
| ゴミ箱火災(プラットホーム) | Medium | 0.5 [kW] |
| キオスク火災 | Fast | 6.0 [kW] |
| 倉庫火災 | Fast | 0.5 [kW] |
| 店舗の天井裏 | - | — |
| ゴミ箱火災(レストラン厨房) | Medium | 0.5 [kW] |
| 車両火災 | Ultra-fast | 15 [MW] |
| バス火災 | - | 20 [MW] |
| 店舗火災 | Fast | 6.0 [kW] |

設計火源

□ 英国の場合(1)



設計火源

□ 英国の場合(2)

| | Train | Bus | Shop | Kitchen |
|--|--------|--------|-------|---------|
| Heat release rate [kW/m ²] | 476 | 695 | 347 | 0-1000 |
| Fire area [m ²] | 33.6 | 28.8 | 7.2 | 0.4 |
| Fire strength [kW] | 16,000 | 20,000 | 2,500 | 0-400 |



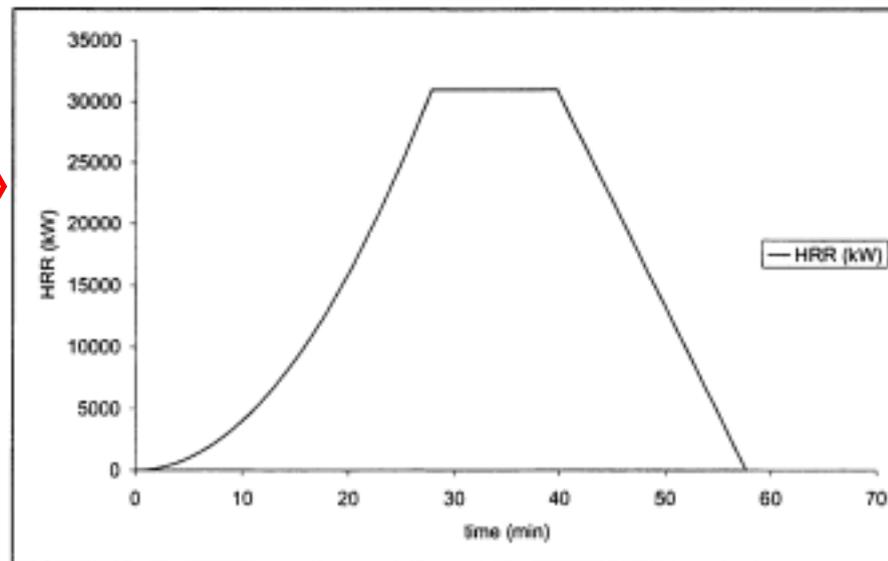
設計火源

□ フランスの場合

- 可燃物密度[kJ/m²]を与えゾーンモデルにて発熱速度算定

□ 事務室の場合

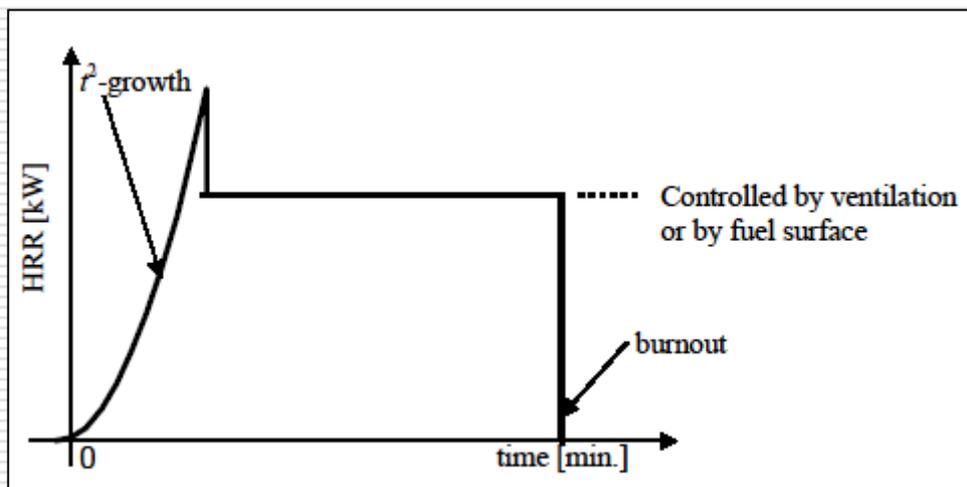
| 可燃物密度 | 面積 |
|-------------------------|----------------------|
| 560[MJ/m ²] | 62 [m ²] |



設計火源

□ 日本の場合

- 主要室(事務室, 店舗, レストラン等)については,
下図の火災進展 **避難安全検証法・耐火性能検証法**



< 主要室可燃物密度 >

| | |
|--------|-------------------------|
| 事務室 | 560[MJ/m ²] |
| 店舗 | 480[MJ/m ²] |
| レストラン | 480[MJ/m ²] |
| カフェテリア | 240[MJ/m ²] |



性能設計支援ツール(避難)

□ 在館者数と使用ツール

| 国名 | 米 | 英 | 仏 | 豪 | 日 |
|-------|---------------------|------------------|--|--|----------------------|
| 在館者数 | 検討最大人数: 1,076[人] | 総人数: 2,736[人] | ロビー:1[人/m ²] 店舗:1/6 [人/m ²] レストラン:1 [人/m ²] 合計:2,736[人] | レストラン:1[人/m ²] エントランスロビー: 1/3or1/2 [人/m ²] 店舗:1/3 [人/m ²] コンコース:1/2 [人/m ²] プラットフォーム: 2×列車定員[人] 合計:2,513[人] | 列車(4線分): 1,536[人] |
| 使用ツール | EVACNET4 | SIMULEX | SAVE_P | 簡易計算式 (BCA) | 簡易計算式 |

避難安全検証

□ 米国の場合(1)

- 避難時間は, 下式にて算定

$$T_{EVAC} = T_{DET} + T_{ALARM} + T_{EGRESS}$$

“EVACNET4”にて算定

- EVACNET4とは?

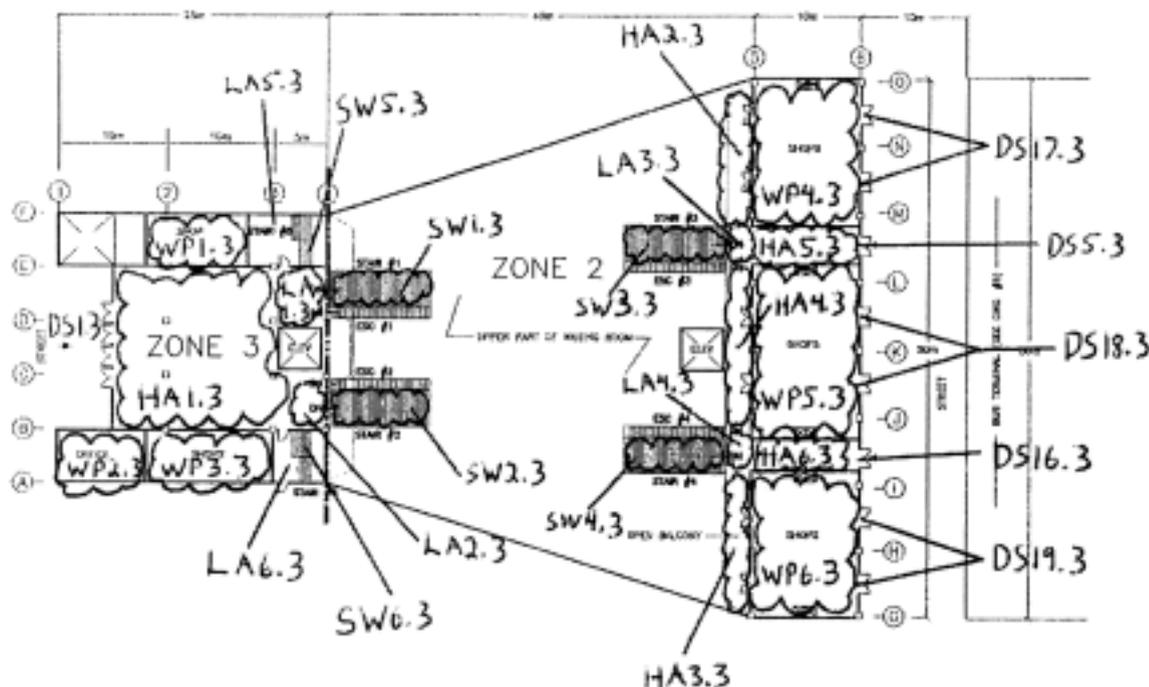
- 米国NISTにて開発された避難に関するネットワークモデル



避難安全検証

□ 米国の場合(2)

■ NODEの状況(避難階)



[凡例]

WP: Workplace

SW: Stairwell

HA: Hallway

LA: Landing

DS: Destination



避難安全検証

□ 英国の場合(1)

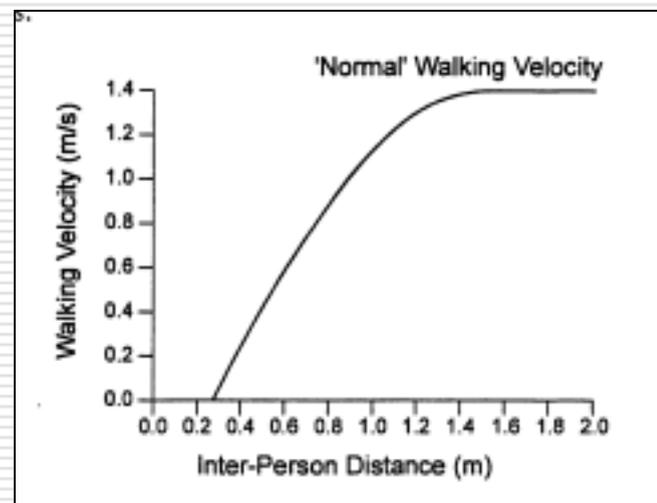
■ SIMULEXにより避難時間の算定

■ SIMULEXの概要

□ 英国にて開発

□ 人の相互間距離に応じて 歩行速度が変化

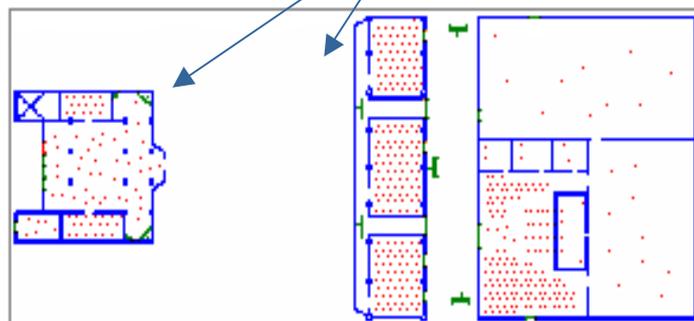
□ 追い付き, 追い越しは考慮 していない 等々



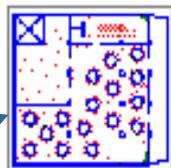
避難安全検証

□ 英国の場合(2)

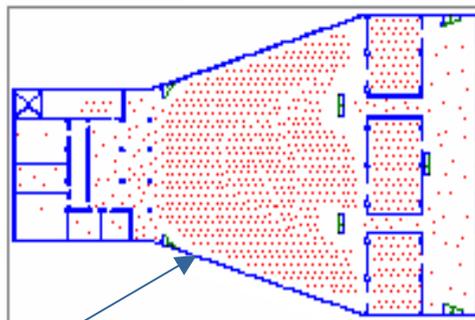
Street level



Café and restaurant



Waiting area



Train and platform



避難安全検証

□ フランスの場合(1)

- SAVE_Pにより避難時間を算定

- SAVE_Pの概要

- Thoes(フランス, 1994年)により開発

- 避難者は最も近い出口に向かう

- 人口密度は5[人/m²]まで対応

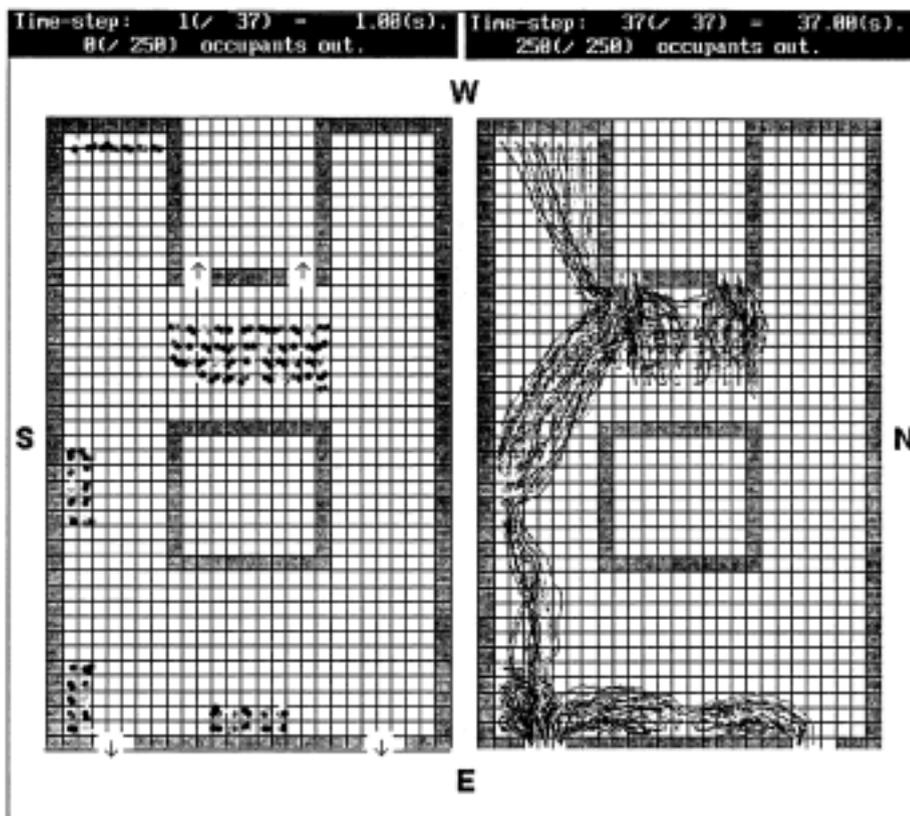
- 人同士の交差はない 等々



避難安全検証

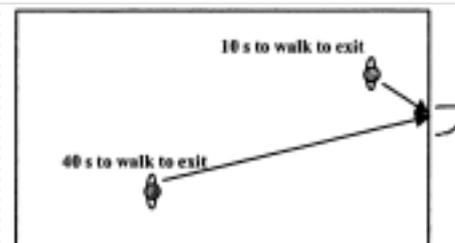
□ フランスの場合(2)

■ 計算結果の一例

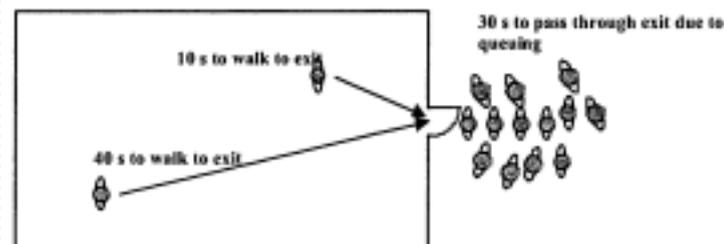


避難安全検証

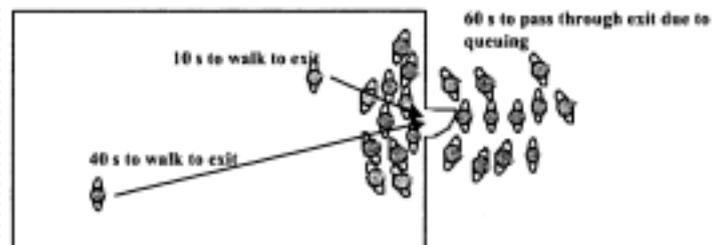
- オーストラリアの場合
 - 簡易計算式を使用(BCA)
 - 日本の指針計算法のような計算?



Case 1 – Few people (distance dominates)



Case 2 – Moderate people (distance may dominate if queuing not significant)



Case 3 – Significant people (queuing likely to dominate)



性能設計支援ツール(火災・煙性状)

□ クライテリアと使用ツール

| 国名 | 米 | 英 | 仏 | 豪 | 日 |
|--------|---|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| クライテリア | NFPA92B ・温度 ・ガス濃度 ・輻射熱流束 ・視認性 | ・温度 ・ガス濃度 ・輻射熱流束 ・視認性 | ・温度 ・ガス濃度 ・輻射熱流束 ・視認性 | ・煙層高さ ・輻射熱流束 | ・煙層高さ ・温度 ・輻射熱 等 (・滞留面積) |
| 使用ツール | FDS | FDS (必要排煙風量 は簡易計算式) | FDS (一部FISBA,FAT) | 簡易計算式 (TM19) | 簡易計算式 |



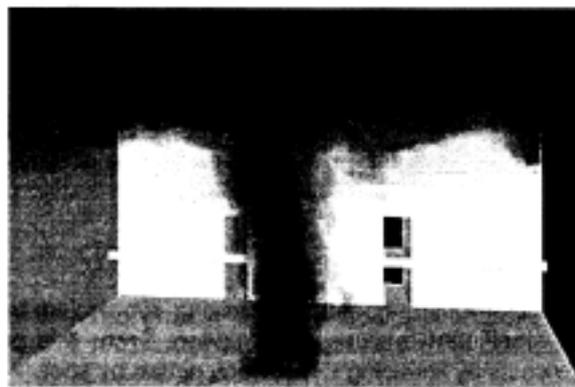
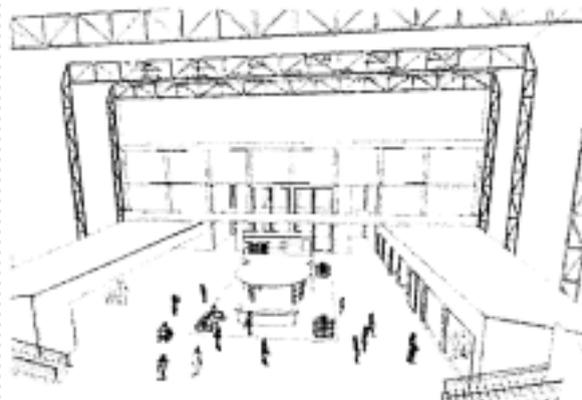
火災・煙性状予測(1)

□ ほとんどの国がFDSを適用

■ FDSの概要

□ 米国NISTにて開発

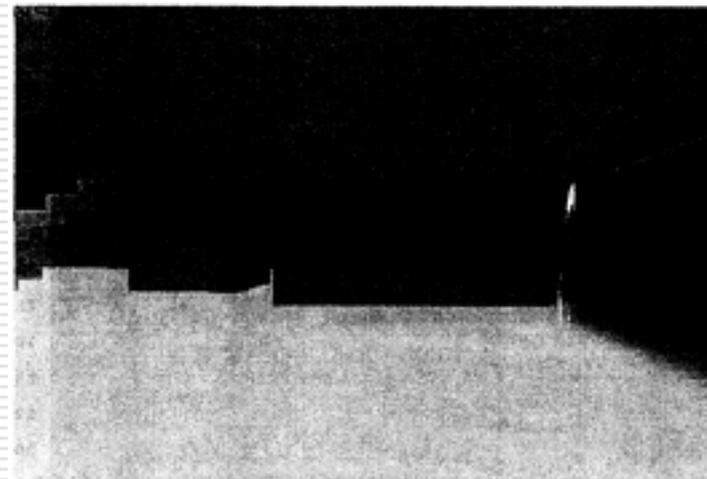
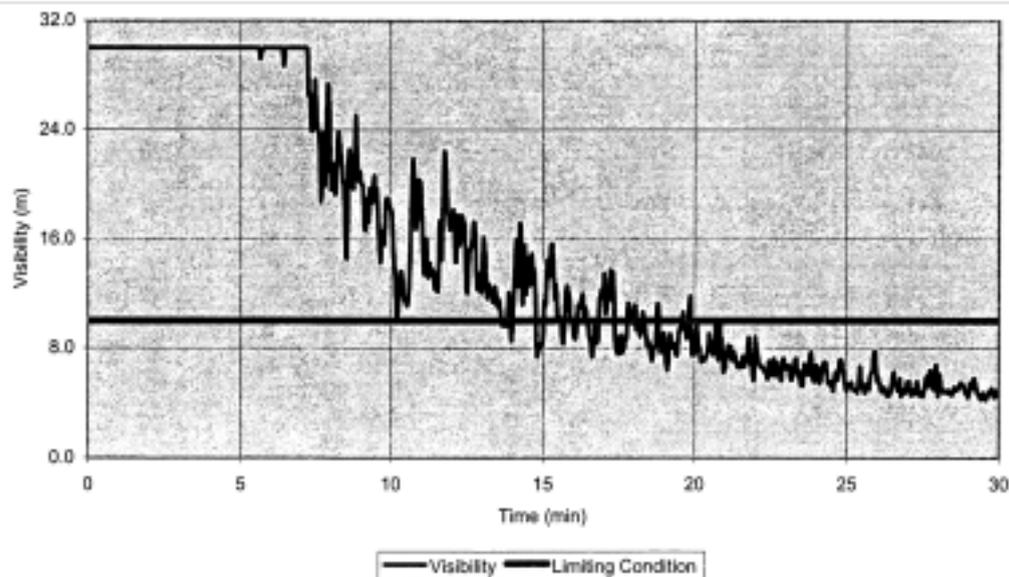
□ LESによる火災流体解析



計算結果の一例(フランス)

火災・煙性状予測(2)

□ 計算結果の例(米国)



構造耐火(1)

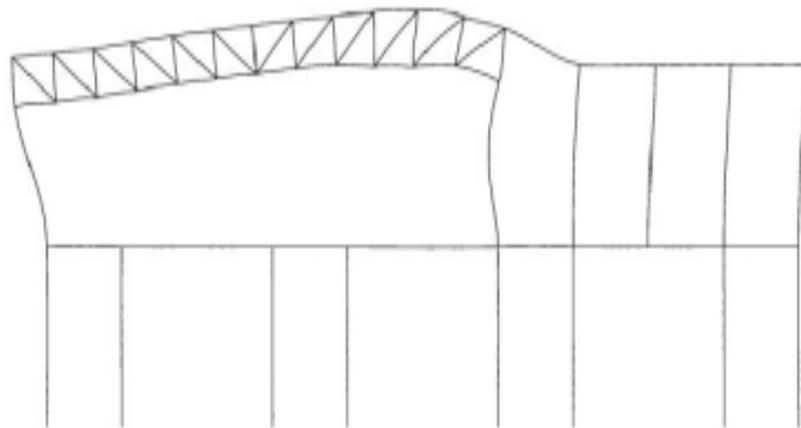
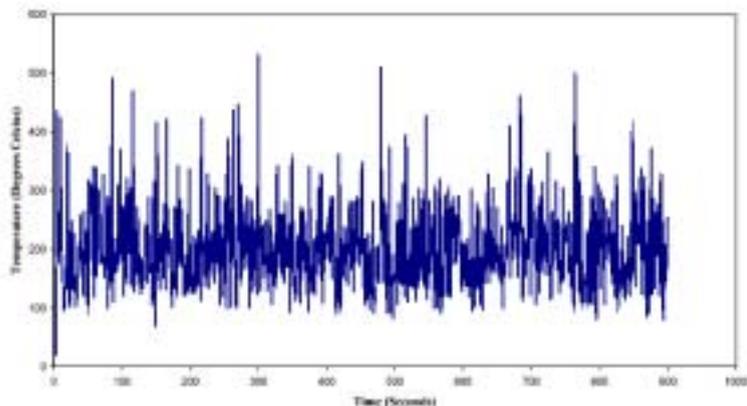
□ 使用ツール, その他

| 国名 | 米 | 英 | 仏 | 豪 | 日 |
|-------|---|--------|------------|---|------------------------|
| 使用ツール | ASTME119に規定された上限温度と比較 柱:平均540 梁:平均595 | ABAQUS | ANSYS | - | 簡易計算式 |
| 構造 | 鉄骨造 | 鉄骨造 | 鉄骨造(一部RC造) | - | 地下RC造 地上S造・ 一部木造 |
| 検討対象 | 鉄骨無耐火 | 鉄骨無耐火 | 鉄骨無耐火 | - | 木質系トラス等 |

構造耐火(2)

□ 英国の場合

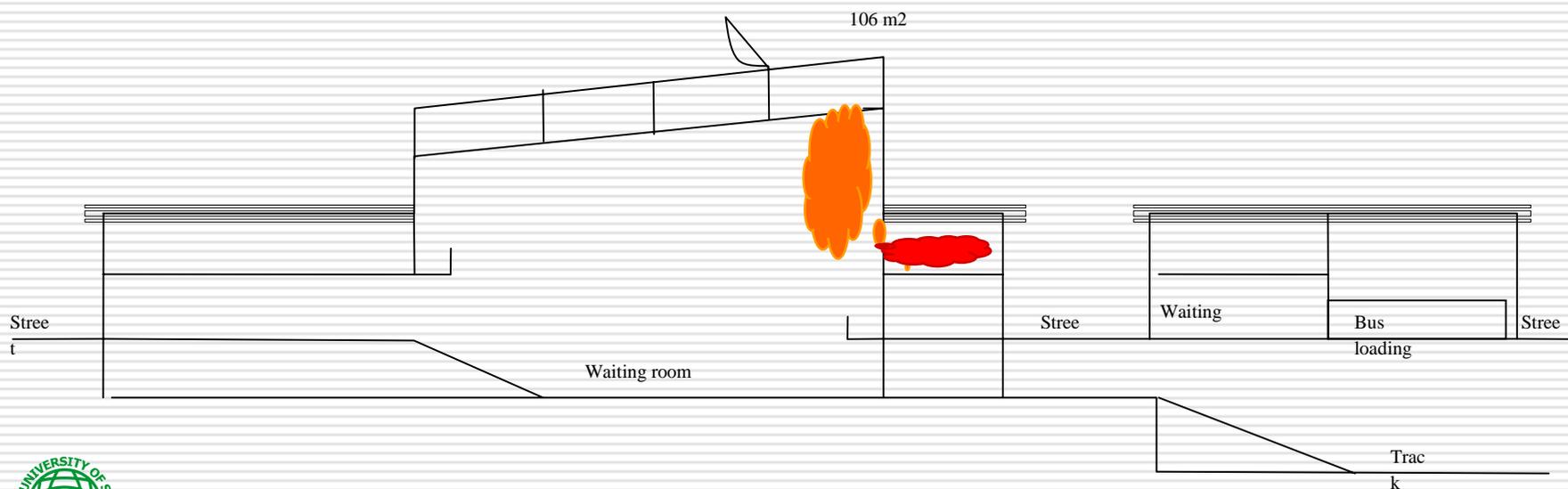
- FDSで得られた火災性状を基にABAQUSにより
架構安定性を検討



構造耐火(3)

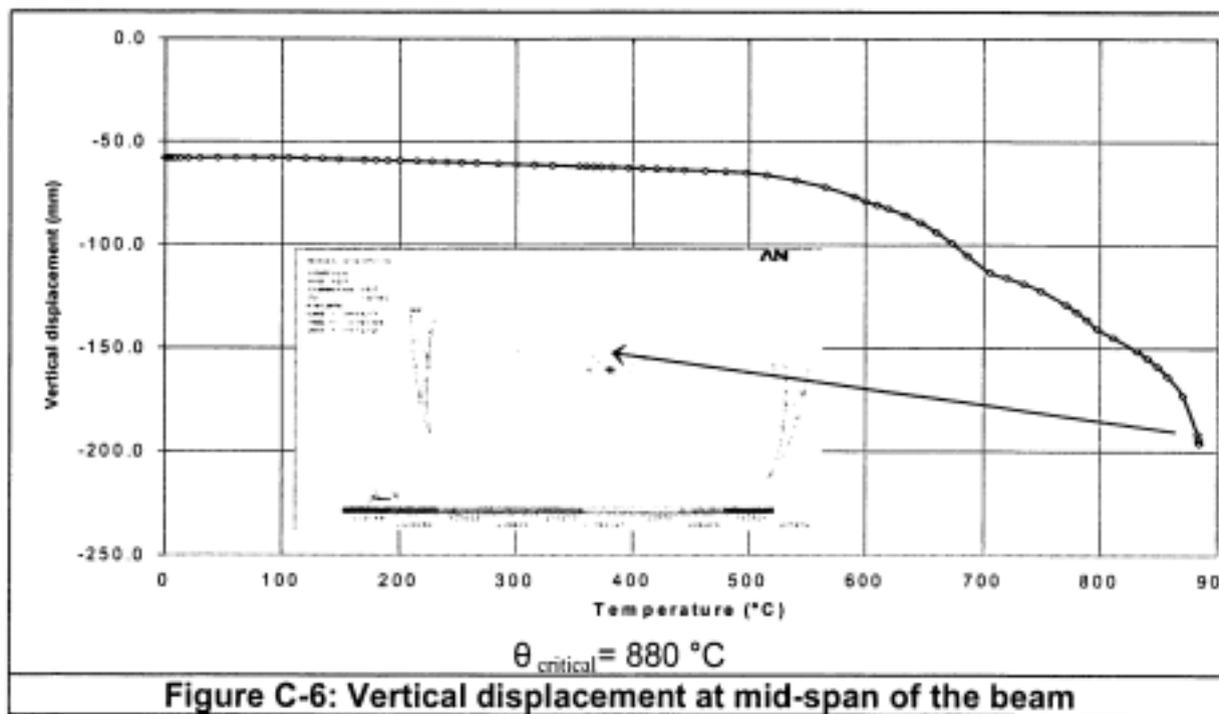
□ フランスの場合(1)

- FDS等により得られた火災性状を基にFATならびにANSYSにより架構安定性を検討



構造耐火(4)

□ フランスの場合(2)



構造耐火(5)

□ 日本の場合(1)

- 簡易予測式により火災性状を算定し, 部材近傍温度が許容温度以下であることを確認

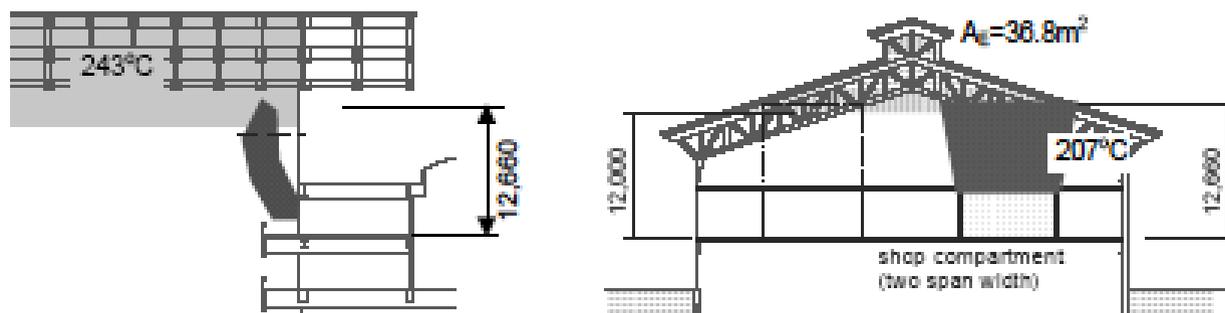


Figure 17 Calculation result of flame height and smoke layer height for shop fire

構造耐火(6)

□ 日本の場合(2)

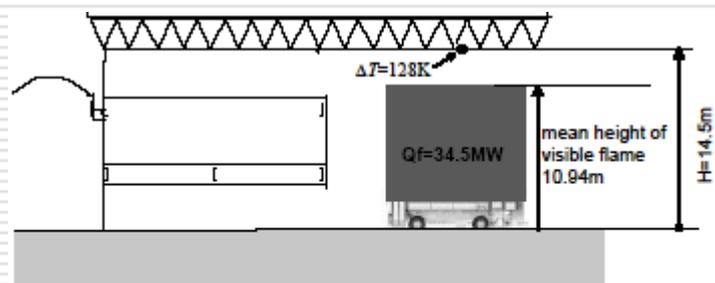


Figure 19 Flame height and flame temperature above burning bus

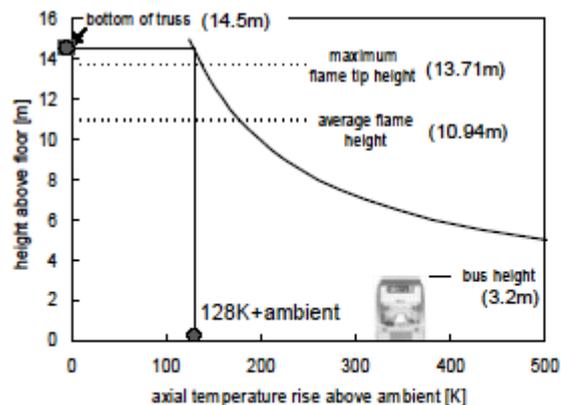
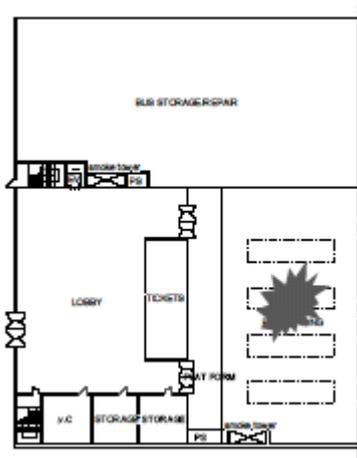


Figure 20 Axial temperature rise above ambient as a function of height above floor

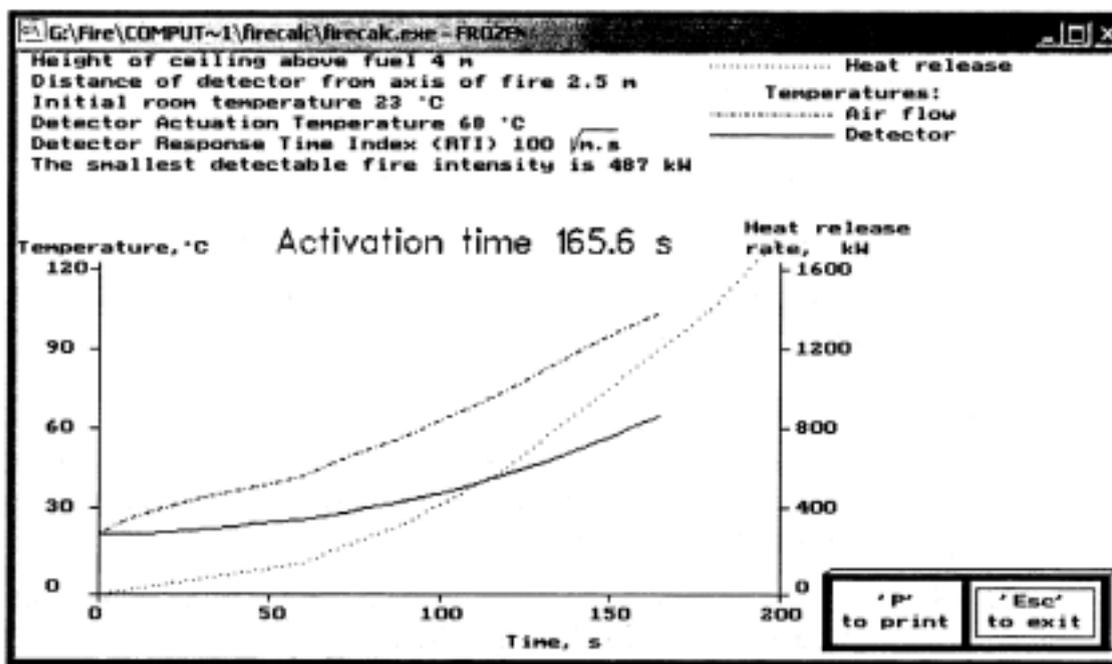
その他(1)

- DETECT-T²やFireCalcを用いてスプリンクラー作動予測等を行っている。
 - DETECT-T²の概要
 - 米国NISTにより開発
 - T²火災に対応したSP作動予測モデル
 - FireCalcの概要
 - オーストラリアのCSIROにより開発
 - SP作動の予測や輻射熱流束の計算が可能



その他(2)

□ FireCalcによる計算結果の一例



その他の設計ツール紹介(1)

□ 通常講演にて紹介された設計ツール

- 設計火源 1題
- 火災拡大防止 2題
(スプリンクラー, ドレンチャー)
- 避難・煙制御 3題
- 耐火構造 2題



その他の設計ツール紹介(2)

□ 火災拡大防止

■ タイトル: The Effect of Smoke Vents on the Sprinklers in a Small Compartment

■ 講演者: Chung Kee-Chiang et al. (台湾)

■ 内容

- ・スプリンクラーに関して、“小さな室において排煙がスプリンクラーに与える影響”の報告。
- ・スプリンクラー設備と機械煙制御設備の相互作用を把握することを目的として、100m²以下の小区画を対象として実大火災実験を行った。
- ・スプリンクラー設備の作動後に排煙ファンが作動した場合は、スプリンクラー設備の作動前に排煙ファンが作動した場合やスプリンクラー設備もしくは排煙設備のみ作動した場合に比較して、煙層温度が30～50%低下するという興味深い結果となった。



その他の設計ツール紹介(3)

□ 避難・煙制御(1)

- タイトル: Comparative Analysis of CFAST and FDS:
A Method of Verification in a Practical
Engineering Application
- 講演者: D. Gemeny et al.
- 内容:
 - ・“実務への適用検証”と題して, FDSとCFASTに関する比較解析結果が紹介された。
 - ・比較対象は, 温度, 一酸化炭素濃度, 視界範囲の3点とした。
 - ・温度は, FDSがCFASTに比べ立ち上がりは遅く, ピークは早くなる傾向にあるが, 全体的に一致した。
 - ・一酸化炭素濃度は, FDSはCFASTに比べ, 立ち上がりが遅く, 最大値も60%程度にとどまり, 減衰する傾向が見られた。
 - ・視界範囲は, FDSとCFASTは良好に一致した。



その他の設計ツール紹介(4)

□ 避難・煙制御(2)

- タイトル: A New way to estimate the evacuation time for people involved in a building fire
- 講演者: K.R. Thomsen, L.S. Sorensen
- 内容:
 - ・“建築火災時の避難時間算定の新技术”と題して、手計算レベルのフローモデルとコンピューターモデル(Simulex Ver.11.1.3)による計算との比較検討が行われた。
 - ・フローモデルとSimulexでは算出避難時間にずれが生じている。
 - ・フローモデルは、限界流動係数が $1.3[\text{人}/\text{s}\cdot\text{m}]$ であるが、Simulexではシナリオに応じた限界流動係数が使用されていることに起因する。
 - ・Simulexにより近い、詳細な新しいフローモデルの実用化が必要である。



その他の設計ツール紹介(5)

□ 構造耐火(1)

- タイトル: Dynamic approach of structural fire calculation with FEM software
- 講演者: Franssen, J.M, Gens, F.
- 内容:
 - ・“有限要素法を用いた動的構造耐火計算”と題して, 火災時の構造挙動解析ソフトSAFIRを用いて, 鋼構造骨組みの動的挙動解析が行われた。



その他の設計ツール紹介(6)

□ 構造耐火(2)

■ タイトル: Calculation Methods of Fire Resistance Assessment of Light Steel Frame Partition Walls With Gypsum Board Cladding

■ 講演者: G. Wozegorz, M. Lukomski, M. Kosiorek

■ 内容:

- ・“石膏ボード間仕切り壁の耐火性能計算法”と題して、コンピューターモデルおよび簡易式により、間仕切壁の遮炎性限界の予測方法が提案され、3×3mの試験体を使った耐火試験結果との比較を行っている。
- ・現時点では、測方法を開発している途中であるが、スタッドの種類や間隔、壁の高さなどによる挙動を予測できるようになれば実用性は大きい。

