

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 9 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560589

研究課題名（和文） 加熱面上の旋風再現と発生リスク評価

研究課題名（英文） Fire Whirl Reproduction on Heat Plate and Risk Assessment of Occurrence

研究代表者

永野 紳一郎（NAGANO SHINICHIRO）

金沢工業大学 環境・建築学部 教授

研究者番号：40329371

研究成果の概要（和文）：火災旋風の模型実験は、アルコールを用いた小規模の火源を配列して行った。火源の炎と炎の間に間隔を設け、その間に気流が流入し、炎による上昇気流と交ることによって旋回が発生した。解明できた点は、①横風が強いと旋風は発生しない、②まとまった熱源が2つ以上あり、それぞれの熱源に間隔があると火災旋風が発生しやすいことであった。解析は、L字に配列した火源パターンについて行い、実験と同様な旋風の発生が確認できた。

研究成果の概要（英文）：The experiment with a model of the fire whirl arranged small-scale fire sources which used alcohol, and conducted it. The interval was prepared between the flames of fire sources, the air current flowed in between them, and the whirl occurred by being mixed with the ascending current by a flame. The point currently solved were the following that (1) if a side wind is strong, a whirl will not occur, (2) if two or more collected heat sources exist and each heat source has an interval, it will be easy to generate a fire whirl. Analysis was conducted about the heat sources pattern arranged into L character, and has checked generating of the same whirl as an experiment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学、建築環境・設備

キーワード：火災・消防・減災害・火災旋風・都市計画

1. 研究開始当初の背景

(1)火災旋風は、広域的に建物が延焼する際に発生することが知られている。これまでも、多くの研究者がそのメカニズムを解明するために、実験および数値計算による挑戦が行われていた。日本では、主に被服工廠跡地の火災旋風発生事例を基にした再現を行うことが目標となっていた。

(2)火災旋風は燃焼を伴う時間的、空間的に不

安定な挙動を示す現象であるため、広域延焼火災が発生した場合、火災旋風がどの場所で起きるかは、実験的にも数値計算による解析でも十分に明らかになっていなかった。旋風は燃焼に伴う上昇気流とその周辺の風の流れによる影響であることは知られている。そこで、加熱面を用いて旋風を発生させ、旋風のメカニズムや発生パターンの挙動を知ることができると考えた。

2. 研究の目的

(1) 広域延焼火災において発生しうる火災旋風の発生原因と挙動の解明のため、加熱面を用いた旋風の発生・可視化装置を製作する。制御可能な加熱面を用いて旋風のメカニズムを明らかにする。

(2) 加熱面の配列パターンおよび形状と旋風の発生位置を明らかにして、発生から消滅までの挙動がどのような経路をたどるのかなどを調べ、無風時と有風時下の状況再現により、想定される大規模延焼時に避難空地の旋風被害リスク評価を行う。さらに、密集市街地の防災対策、消火活動、避難活動に寄与する知見を得ることが目的である。

3. 研究の方法

(1) 旋風の再現方法を確立するために、燃焼皿を用いた加熱・可視化装置を製作する。この装置の加熱面上で加熱パターンおよび障害物の配置を変えて、旋風の再現方法を検討する。無風時の旋風の再現方法と旋風の特性の測定方法を確立した後、有風時の影響を小型風洞による風速変化および風向をパラメータにして調べる。

(2) 地形を考慮して、傾斜角度をパラメータとした検討も行う。そのうえで、実際の市街地をモデルにしたケーススタディを行い、旋風被害リスク評価を行う。実験と並行して数値解析による予測再現方法を検討する。自主開発 LES モデルおよび NIST 開発 FDS を用いて、実験結果の再現と実大スケールでの適用を図る。

4. 研究成果

(1) 火災旋風再現実験では、比較的小規模の火災実験と、FDS (Fire Dynamics Simulator) を用いたシミュレーション解析を行った。火災実験はキャンプ用アルコール、発煙管、可視化装置を使用する。アルコールを直径 60mm のステンレス容器 (写真1) に入れ、それを9個L字に配置し、点火、発煙、記録の順序で実験を行い、電動ポンプによる発煙管を用いた可視化によって、旋風の発生を確かめる。L字に配置した容器を周囲からの風に対して回転させて、横風の影響を受けてどのような位置で火災旋風が起こるかを可視化により調べた。

(2) 火災旋風の発生のための装置は、最初に火源にガスを用いたが、火炎の上昇が強すぎるなどのため火災旋風を再現できなかったため、アルコールを火源とする方法に切り替えた。熱源をL字に配置した場合に、火災旋風とみなせる旋風が発生した (写真1)。実験から旋

風は、定常的に形成されることはなく、形成されても消滅し、再び形成される非定常的な挙動を持つことがわかった。



写真1 燃焼皿2cm間隔の場合の旋風再現

(3) 実験において熱源の後流に旋風が形成される場所は、シミュレーションでも同じであることが確認できた (図1)。また、実験では旋風が形成されなかった熱源パターンでもシミュレーションでは形成されることがあり、実験方法に問題を残すこともわかった。

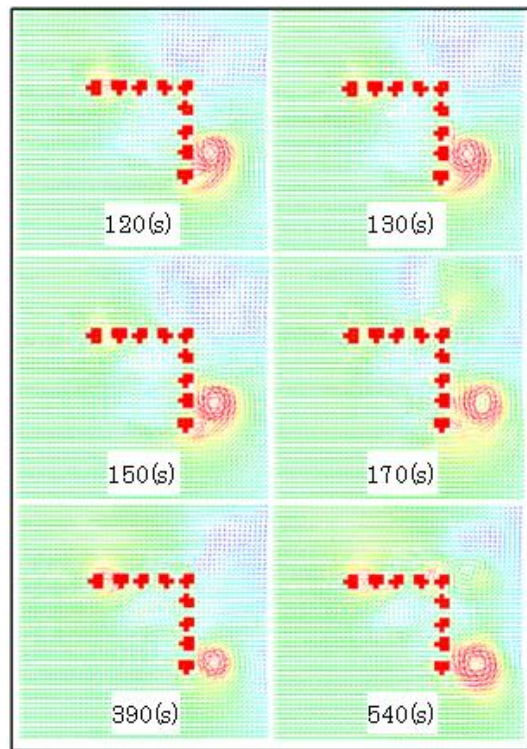


図1 L字配列の場合の解析結果

(4) 上記の成果を受けて、さらに、100以上の燃焼パターン実験を行った。実験初期では、試行錯誤により、5×5の配列の中で火災旋風ができそうだと考えられる集合火災ができそうなパターンを行いながら、火災旋風の発生を促す特性を見出すことが出来た。その燃

焼パターンの特徴は、2列の直線状と、それに間隔を設けた場合である。多くの住宅街やアパート等もほぼ道路沿いに直線状に立ち並ぶことも踏まえ、この特性を参考にすることで燃焼パターンを決めていくことにした。また試験的にではあるが、設置台を5度傾斜させた燃焼パターンも行った。

(5) 火災旋風が発生したと判断する基準は、目視により（ビデオ記録から）「火源上で炎が立ち昇り渦を巻いていること」とした。発煙管による煙は、火炎に巻き込まれると煙自体が燃焼して消えてしまうため、周囲から空気を巻き込む挙動の参考程度に留めた。実験を行う過程で横風の存在は重要であり、アルミホイルで側面を覆わない場合は、金網から流入する横風（1.5m/sec程度）のため火災旋風は形成されなかった。

図2に火災旋風が発生した燃焼パターンを示す。設置台では、図の塗りつぶした円で示した箇所をアルコールで燃焼させた。黒い丸で囲った箇所に火災旋風が確認できた。渦巻き状のある箇所は空気の渦が確認されたことを示している。火災旋風が確認された燃焼パターンのアルコール容器同士の間隔は全て0cmである。パターンA~Eは水平状態であり、パターンF~Jは図の右側を高くして、5度の傾斜を付けたものである。水平状態の燃焼パターンは、いずれも同じ程度の強さで火災旋風が発生していた。傾斜を付けたパターンのうち最も強い火災旋風が確認できたものはパターンGである。

(6) 火災旋風が楕円の範囲内を左右に移動する現象が見られたものは図2(f), (g)である。実験結果から、今回の実験では傾斜を設けた方が水平状態よりも火災旋風が強く発生することがわかった。火災旋風をはっきり映像として捉えることができたパターンA(写真2)とパターンGの時間変化(写真3)を示す。小規模であっても巡回しながら柱状に伸びる特徴が確認できる。各実験パターンの火災旋風は、着火後すぐに発生せず、1分から2分経過後に初めて炎が立ち上がることが確認できた。

(7) 実験の燃焼パターンから、複数の炎が寄り添い合う集合火炎になることで、火災旋風が発生しやすい条件になることは既知である。さらに炎と炎の間に間隔を設けることで、その間隔に気流が流入し、炎による上昇気流との交ることで炎の巡回が発生するものと観察される。そのとき火災旋風が発生した火源に向かって周囲の火源の炎が巡回方向にたなびくことも観察できる。また、傾斜を付けた実験(パターンG)において大きな火災旋風が発生した条件として、炎が傾斜方向に上へ燃え上がることで、上昇気流との兼ね合いによるものであると考えられる。

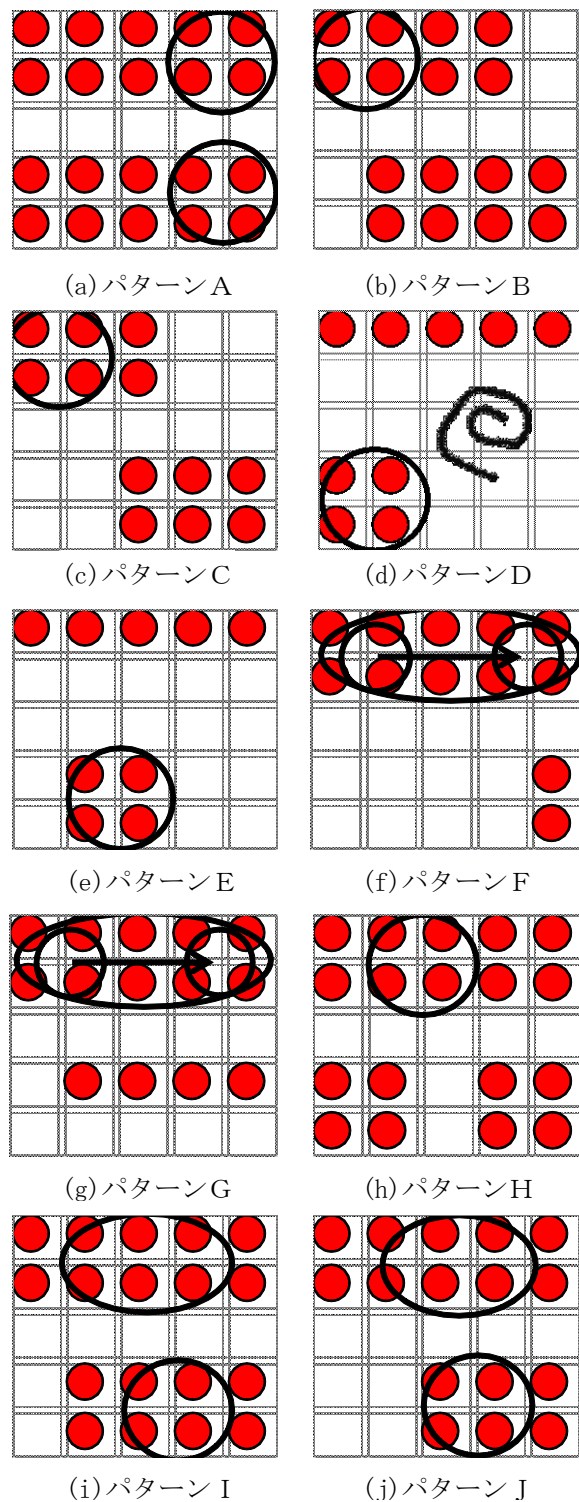


図2 燃焼パターンと火災旋風発生位置

(8) 地震時の火災などで起きる大火によって火災旋風が避難場所で発生する可能性に対して、火災旋風の発生メカニズムを調べ、その対策を考えることを目的としたが、再現実験および再現のための数値シミュレーションでは、まだまだ解明できていない点がある。実験では、微妙な横風による影響を受けて旋

風の発生場所が不確定であること、数値シミュレーションでは与条件の設定（メッシュ分割や解析領域）により発生しないことがあるなど、再現性を確立する上で、なお検討が必要な課題が残されている。



写真2 パターンAの火災旋風



(a)パターンGの着火直後



(b)パターンGの1分53秒後



(c)パターンGの1分54秒後

写真3 パターンGの時間変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

①永野紳一郎、火源配置パターンによる火災旋風の模型実験、日本火災学会研究発表会、2012年5月21日、宇都宮東武ホテルグラン

②永野紳一郎、火災旋風の再現と発生リスク評価の研究 その1 L字型発熱の場合の実験とシミュレーションの比較、日本建築学会北陸支部研究発表会、2011年7月22日、福井大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永野 紳一郎 (NAGANO SHINICHIRO)

金沢工業大学・環境・建築学部・教授

研究者番号：40329371