

機関番号：32675

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20760321

研究課題名（和文）

線状対流系の発生・維持機構に着目した集中豪雨制御のフィージビリティに関する研究

研究課題名（英文）

Feasibility study on controlling torrential rains with a focus on the generation and maintenance mechanism of line-shaped convective systems

研究代表者

鈴木 善晴（SUZUKI YOSHIHARU）

法政大学・デザイン工学部・准教授

研究者番号：80344901

研究成果の概要（和文）：

本研究では、メソ気象モデルを用いた数値実験をベースとして、地形形状および大気場の変化が線状対流系の発生・停滞に与える影響を解明するとともに、近未来における集中豪雨制御の実現可能性について検討を行った。その結果、前者については、変化を与える場所やその規模によって最大降水量が20%程度減少する可能性があることなどが明らかとなり、後者については、豪雨抑制効果が得られやすい条件やそのメカニズムについて一定の知見を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：

The current study conducted numerical experiments using a mesoscale meteorological model to see the influence of variations in topographic shapes and atmospheric fields on generation and maintenance processes of line-shaped convective systems, and also conducted a feasibility examination into controlling torrential rains in the near future. Results in the former showed that the maximum amount of rainfall could decrease by around 20 percent depending on where and to what extent the variations were given. In the latter, the current study obtained certain knowledge of the condition and its mechanism for getting depression effects on torrential rains with more certainty.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：線状対流系，集中豪雨，気象制御，メソ気象モデル，数値実験

## 1. 研究開始当初の背景

近年、局地的集中豪雨の多発や水資源の偏在化による旱魃など、地球温暖化に起因すると思われる異常気象災害が地球規模で年々深刻になりつつある。我が国においても、毎

年のように集中豪雨による被害が発生しており、数値モデルベースの豪雨予測に基づいた警戒避難システム構築など、様々な防災対策が試みられている。しかしながら、これらの予測計算を高精度に実行するためには、時空間的に密な気象観測を行い、詳細な初期・

境界条件を得ることが必要不可欠であり、今後、数値モデルの改良を繰り返したとしてもその予測精度向上には自ずと限界があると考えられる。また、さらに懸念すべきは、仮に集中豪雨の予測精度が劇的に向上したとしても、豪雨による被害を未然に防ぐことはおそらく容易ではないという点である。近年の温暖化傾向が継続・進展した場合、従来の安全基準で整備された都市社会システムにおいて豪雨による被害がさらに拡大するであろうことは容易に想像される。そのような状況において、現在我々が取り組むべき課題は、たとえ困難であっても、集中豪雨の発生そのものを制御することができるような実効性のある気象制御技術を早急に確立することである。

気象制御に関する研究は、古くから欧米諸国を中心として盛んに行われているものの、それらの多くは化学物質の空中散布による降水の生成・増強を目的としたものであり、豪雨の抑制を目的としたものは非常に少ない。近年は、空中散布によって上空における雹の生成を抑制し、降水強度を軽減させようとする試みも行われているが十分な成果は得られていない。一方、Hoffman (2002) をはじめとする海外の研究機関においては、近年の気象災害多発を受けて、ハリケーンや大規模降水システムの発達抑制・挙動制御を目的とした気象力学的手法の検討が開始されている。例えば、生分解性のオイルをハリケーンの進路にあたる海面に散布することを想定して、ハリケーンのエネギー源である海面からの水蒸気フラックスを抑制することがハリケーンの発達や挙動にどの程度のインパクトを持つかなど、様々な観点から気象制御の検討が行われている。

本研究の研究代表者も、これまで若手研究(B) (平成17年度～19年度)において数値実験をベースとした解析に取り組んでおり、地形形状や大気条件の変化といった基本的な外部攪乱要因が、集中豪雨の発生・維持機構にどのようなメカニズムでどの程度の影響を及ぼすかを検討した。その結果、複数の有益な成果が得られているが、本研究はそれらの成果を元に研究内容をさらに発展させ、より実現性の高い制御技術の確立を模索するものである。

## 2. 研究の目的

本研究では、主に気象力学的な観点から集中豪雨制御手法の検討を行う。第一の目的は、メソ気象モデルによる数値実験をベースとして、近未来における集中豪雨制御のフィー

ジビリティ (実現可能性) を明らかにすることであり、実効性のある集中豪雨制御を実際に行うことが理論上可能なかどうか、また、そのためには降水システムのどこに着目してどのような制御を行うことが必要なかを明らかにしたい。特に、これまでの研究ですでに得られている集中豪雨の発生・維持機構に関する知見が、異なる地形条件や気象条件においても成り立つのかどうかを十分に検討し、それらの一般性を見極めることが重要な課題となる。

第二の目的は、集中豪雨制御の実現のために、科学技術としてどのような技術が求められるのかを明示することである。現時点では、化学物質の空中散布以外に、電磁波や音波、プラズマを利用する手法や爆発物を用いる手法などが一部で提案はされているが、その実効性や実現性については科学的な議論が十分なされていない。本研究では、そのような具体的な技術論に入る前に、制御を実行する際の技術上の問題点を議論するための検討材料として、力学的・熱力学的な変化を与えることによって降水システムの発達過程がどのように変化するのか、あるいは、システムを意図的に崩壊させ、特定地域へのシステムの停滞を抑制するためには、どのような変化をどのプロセスに、どの程度の規模で与えればよいかを明らかにしたい。

本研究では、気象制御を試みる対象として、線状対流系と呼ばれる組織化されたメソスケールの降水システムに着目する。我が国では、線状対流系の発生および停滞が、特定の地域に集中豪雨をもたらす最大の要因の一つとなっている。一般に、1時間程度のライフサイクルを持つ複数の対流セルが次々と発生・発達し、それらがライン上に組織化されることでライフサイクルの比較的長い対流システム (線状対流系) が誕生する。さらに、同システムがある条件下において特定の地域に長時間停滞したとき集中豪雨をもたらされる。降水システムがなぜ停滞するのかについては現在のところ十分に解明されていないが、メソβスケールの対流系に与える山岳地形の影響によるものと考えられている。数値実験によってこのメカニズムを解明することも本研究の重要課題の一つである。

また、降水システムが持つ非線形性により、ごくわずかな条件の違いでもシステムの発生・発達過程が大きく変化する場合があり、そのために強雨域の停滞を正確に予測することは困難なものとなっている。しかし一方では、その点にこそ集中豪雨制御の可能性が秘められていると考えることができる。集中豪雨の発生・発達・停滞の各プロセスに影響

を与えるクリティカルポイントを明らかにすることができれば、大がかりな制御を伴わずとも実効性の高い集中豪雨抑制が可能になると期待される。

### 3. 研究の方法

上記の2つの目的に対して実施した主な研究課題の内容と解析方法についてそれぞれ以下で説明する。課題(1)では、線状対流系を対象としてメソ気象モデル内の地形形状を段階的に変化させた実験的な数値シミュレーションを行い、地形変化によって風速場にどのような影響が生じるかを解析することで、線状対流系における降水の集中・分散のメカニズム解明を試みた。

課題(2)では、クラウド・シーディングと呼ばれる人工増雨のための気象制御技術に着目し、その豪雨抑制効果を明らかにするため同じくメソ気象モデルを用いた実験的な数値シミュレーションを実施した。シーディングを行う領域や高度、時刻など様々な条件の違いが集中豪雨の発生・発達に対してどのような影響を与えるのか、また集中豪雨に対する抑制効果はどの程度期待できるのかについて感度分析の観点から検討を行った。

いずれの課題においても、豪雨イベントの数値シミュレーションには、線状対流系の再現性や降水システムに対する山岳効果がこれまでに確認されており、多方面の分野において数多くの利用実績を有しているメソ気象数値モデル MM5 を使用した。

#### (1) 山岳をトリガーとする風速場の変動が集中豪雨の発生・維持機構に及ぼす影響に関する研究

課題(1)では、北関東とその周辺部を対象地域として MM5 による数値シミュレーションを実施した(格子数  $90 \times 90$ )。同地域では、足尾山地がトリガーとなり複数の対流セルが発生して線状対流系を形成することが多く、局地的な大雨が度々観測されている。また、MM5 では様々な物理過程オプションを選択できるが、課題(1)では、雲物理過程として、 $0^\circ\text{C}$ 以下での過冷却水や $0^\circ\text{C}$ 以上での融解しない雪が表現できる Mixed Phase を使用し、大気境界層には MRF PBL、放射過程には Cloud-Radiation Scheme、地表面過程には Five-Layer Soil Model を設定した。格子間隔は  $3\text{ km}$ 、計算時間ステップは  $9\text{ 秒}$ とした。

線状対流系がより発生しやすい条件をモデルに与えるため、実際に線状対流系が発生

した際の GPV 情報をもとに等圧面一様的人工的な大気条件を作成し、モデルの初期・境界条件として用いた。また、地形標高データには、USGS (U.S. Geological Survey) 提供の緯度・経度  $30\text{ 秒}$ (約  $0.925\text{ km}$ )の分解能を持つ DEM データ (GTOP030) を用い、半径  $5\text{ km}$  の円錐形の人工山岳を特定の地点に設置することによって段階的に地形形状を変化させた。設置地点は、積雲の発生地点を中心として南北に  $3\text{ km}$  間隔で配置した5ケース、人工山岳の標高は、 $500\text{ m}$  から  $1500\text{ m}$  まで  $250\text{ m}$  間隔の5ケースとし、計25ケースの地形条件に対して各々9時間のシミュレーションを実行し、開始直後の3時間を助走期間として残りの6時間を対象に解析を行った。

地形変化による降水システムへの影響を評価するため、領域平均降水量および領域最大降水量の増減に着目した解析を行った。両者を求める際に対象とする領域は、足尾山地を起点とする線状対流系とその雨域の大部分を含む領域(格子数  $56 \times 32$ )とした。また、降水量増減の詳細なメカニズムを明らかにするため、風の収束の発生頻度や発生場所に着目し、風速場における時間的な変動の大小の観点から解析を行った。

#### (2) 豪雨抑制効果に着目したクラウド・シーディングによる気象制御手法に関する数値実験

課題(2)では、対象とする豪雨イベントとして1998年8月27日の那須豪雨を選択した。初期値及び境界条件には、気象庁から提供されている解像度  $80\text{ km}$  の GPV データを使用し、地形標高データには、課題(1)と同じ GTOP030 を用いた。また、雲物理過程のオプションとして、Mixed Phase スキームに霰と雲氷の数密度に関する計算スキームが追加された Reisner graupel を用い、他の物理過程オプションは課題(1)と同様とした。また、4つの領域に対して格子間隔をそれぞれ  $27\text{ km}$  (Domain1),  $9\text{ km}$  (Domain2),  $3\text{ km}$  (Domain3),  $1\text{ km}$  (Domain4) と設定し、4ドメインのネスティング計算を行った。計算領域は、那須町を Domain1 の中心に設定し、格子数を  $50 \times 50$  (Domain1),  $52 \times 52$  (Domain2),  $70 \times 70$  (Domain3),  $121 \times 121$  (Domain4) とした。

本研究では、シーディングにより雲内の氷晶核の数が変化することに着目し、モデル内での計算スキームにおける氷晶核の数濃度を操作することでシーディングを表現した。気象研究所では、Fletcher の経験式に基づく昇華/凝結凍結核の生成を  $10^3$  倍や  $10^6$  倍に変化させた数値実験を行っているが、本研究でも同様に散布する時刻や領域、高度などを考

慮しながら、Fletcher の式で表される氷晶核数に一定の倍率を掛けることでシーディングによる人為的操作を表現した。

以上の設定のもとで、シーディングを行う領域、高度および時刻を変えて感度分析を行った。領域については、解析領域のおよそ風上側半分となる領域 A、さらに領域 A の風上側半分の領域 B、積算降水量が多い地点を含む比較的狭い範囲の領域 C、領域 C の風上側半分となる領域 D の 4 パターン、高度については高度は約 5600, 6300, 7000, 7800 m の 4 パターンを設定した。また、時刻は雨の降り始めから設定し、5:00~7:00 (時刻 W), 7:00~9:00 (時刻 X), 9:00~11:00 (時刻 Y), 11:00~13:00 (時刻 Z) のそれぞれ 2 時間とした。氷晶核数の操作倍率は  $10^6$  倍で固定とし、計 64 ケースのシミュレーションを行った。

シーディングによる降水システムへの影響を評価するため、課題(1)と同様に、領域平均降水量および領域最大降水量の増減に着目した解析を行った。両者を求める際に対象とする領域は、シーディングの対象とする雨域の大部分を含む領域とした。また、豪雨が抑制されたケースについて、その抑制効果の具体的なメカニズムを明らかにするため、積雲対流活動や各降水粒子(雨水、雲水、雲氷、雪、霰)の混合比に着目して、それらの空間的・時間的変化に関する解析を行った。

#### 4. 研究成果

上記の課題(1)および(2)の解析により得られたそれぞれの主な知見や今後の研究課題について以下で説明する。

- (1) 山岳をトリガーとする風速場の変動が集中豪雨の発生・維持機構に及ぼす影響に関する研究

はじめに、対象領域における 6 時間積算降水量に対して求めた領域最大降水量の変化率と、人工山岳による標高の増加量との関係について見ると、地形変化による最大降水量の変化率はおよそ  $\pm 20\%$  以上と比較的大きい値を示し、これに対して、平均降水量の変化率は全てのケースでおよそ  $\pm 5\%$  程度であった。また、人工山岳の設置地点別に見ると、積雲発生地点の風下側に設置したケースよりも風上側に設置したケースの方が変化率が大きくなった。さらに、標高の増加に伴って最大降水量が一旦減少し、その後増加に転じるという傾向が見取れ、他のケースの結果を含めて見ると、この最大降水量の変化率が減少から増加へ転じる箇所の標高増加量

は、山岳の設置地点が風上側であるほど小さな値をとる傾向があった。

次に、人工山岳の標高増加によって最大降水量が減少するケースに着目して、風速場の観点からそのメカニズムの検討を行った。まずシミュレーション結果から算出した風の収束発散量を見ると、線状対流系が形成されている南西から北東にかけてのライン上に、複数の収束域の発生が確認された。他のケースについても同様に収束発散量を求めたところ、その値にはケースによる顕著な違いが見られなかったため、本研究では、(収束量の大小ではなく)風の収束の発生頻度や発生場所の違いに着目した。

15 分間隔のモデル出力を使用して、解析時間(6 時間)の間に各地点の収束量がある閾値を超えた回数をカウントし、これを収束の発生頻度と定義した(本研究では、3 ケースの閾値  $0.0003, 0.0005, 0.0007 \text{ s}^{-1}$  について検討)。さらに、風の収束発生が 1 回以上の領域面積(グリッド数)を Area1、10 回以上の領域面積を Area2 として、発生領域の集中度を算出した。Area1 は風の収束位置のばらつきを表し、逆に、Area2 は収束発生領域の局所性の強さを表している。

全 25 ケースのシミュレーション結果を用いて、領域面積 Area1 および Area2 と、それらの地形変化前に対する変化率を求めたところ、Area1 または Area2 の変化率と最大降水量の変化率との間には、負または正の強い相関があることが分かった。最大降水量が減少するケース(変化率  $0\%$  以下)のみに着目するとある程度ばらつきは大きくなるが、全体としては、風の収束位置の時間的変動(Area1)が小さい(大きい)ほど、あるいは収束発生領域の局所性(Area2)が大きい(小さい)ほど、最大降水量が増加(減少)する傾向にあった。

この結果から最大降水量が減少したメカニズムについて考察すると、その要因は地形変化によって風速場が乱され、風の収束位置が時間的に大きく変動したことにあると推察される。一般に下層空気の収束は局所的な大気的不安定をもたらす、積雲を発生・発達させる直接的な原因となる。風の収束位置が時間的に変動すれば、それに伴って個々の積雲の発生位置も同様に変動する。この積雲のばらつきにより線状対流系の組織化が抑制され、降水の集中度が低下し、結果として最大降水量が減少したと考えられる。

地形形状の変化によりどのようにして風速場の時間的変動が生じるのか、また、領域

内で最大の降水量を示す場所は風速場の変動とどのように対応しているかなどについては現在のところ明らかでないが、今後これらの点について詳しく解析を行うことで、集中豪雨の発生・維持機構に関してさらなる知見が得られると期待される。

## (2) 豪雨抑制効果に着目したクラウド・シーディングによる気象制御手法に関する数値実験

はじめに、24時間積算降水量に対して求めた領域平均降水量および領域最大降水量の変化率と、シーディングを行った高度との関係について見ると、降水量の変化とシーディング高度との関係はあまり明確でないが、平均降水量の変化率は-5~7%程度、最大降水量は-21~25%程度の値を示し、シーディングにより雨の量そのものよりも雨の集中度が変化する傾向が見て取れた。また、最大降水量の変化率±5%を閾値とし、全64ケースを対象に最大降水量が増加したケースと減少したケースに分類したところ、増加は13ケース、減少は22ケースとなり、最大降水量が減少するケースのほうが多い結果となった。これは、豪雨に対するシーディングは降水促進よりも抑制の効果をもちやすいことを示唆している。シーディングを行う条件別に見ると、増加ケースは領域A, B, あるいは高度5600 mにシーディングを行ったケースに多く、減少ケースは領域Cにおいて多くなる傾向があった。

さらに、平均降水量の変化率±2%を閾値として、平均降水量の変化を考慮すると、最大降水量が減少したケースのうち平均降水量・最大降水量とも減少したものは8ケースで、最大降水量のみ減少したものは15ケースであった。後者の15ケースでは、雨の総量は若干増加あるいはほとんど変化していないことから、降水が分散化することによって分布の集中度が緩和され、その結果、豪雨が抑制されたと考えられる。シーディングによってこのような降水の分散化が生じることはこれまであまり知られていないが、本研究における解析の結果、実施条件によっては、降水分散化が生じるケースが少なくないことが示された。なお、平均降水量・最大降水量とも減少したケースは領域A, B, Cのみで見られ、最大降水量のみ減少したケースは領域C, Dに多く見られた。

次に、平均降水量・最大降水量がともに減少したケース(領域B, 高度7000 m, 時刻Z)に着目し、豪雨が抑制されたメカニズムに関する解析を行った。まず同ケースにおける積雲対流活動の様子を見ると、シーディングに

よって解析領域の風上側で積雲が弱まり、逆に風下側では積雲が強まって降水の分布が風下方向へ延びている様子が確認された。そこで、全降水粒子の混合比におけるピーク値に着目し、その水平方向の移動距離が積雲や雨域全体の移動の大小を表すと考えて、ピーク地点の風下方向への移動距離を算出したところ、シーディングによって積雲(雨域)が風下方向へ移動する傾向が確認された。高度別に求めた移動距離の時間平均は約6~9 kmで、いずれの高度においても積雲(雨域)の風下方向への移動が見られた。なお、最大降水量が増加した多くのケースでは、同様な傾向は確認されていない。

さらに、このピーク地点の移動を降水粒子別に見たところ、雲氷混合比の移動距離は時間平均で約1~6 km、雪混合比は約2~5 km、霰混合比は約4~7 km、雲水混合比は約2~10 km、雨水混合比は約6~10 kmとなり、概ね雲氷、雪、霰、雲水、雨水の順で風下へ移動する傾向が強いことが分かった。これは、上空の氷粒子から地上の雨水へ至るまでの相変化の順に概ね対応しており、シーディングによる降水粒子への影響が次第に伝播する様子を示していると考えられる。このような降水粒子の空間的・時間的な移動や相変化が、降水分布の風下方向への移動や拡大をもたらしたと考えられるが、シーディングに伴う降水粒子の移動や変化がどのようなプロセスで生じるのか、また移動や変化の有無・大小はどのような要因で決まるのかについては現在のところ明らかでない。

本研究では、以上のように、特定の豪雨イベントにおいてシーディングによる豪雨抑制の可能性を示すことができたが、今後様々なタイプの豪雨イベントに対して同様な実験を繰り返し行うことで、豪雨抑制効果が最も得られやすいシーディングの実施条件や豪雨抑制の詳細なメカニズムを明らかにし、実際の集中豪雨制御を実行する際に必要となる様々な知見を得ることが必要である。

## 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)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 郷祐美子, 鈴木善晴, 長谷部正彦: 山岳をトリガーとする風速場の変動が集中豪雨の発生・維持機構に及ぼす影響に関する研究, 土木学会水工学論文集, 査読有, 第54巻, 2010年, pp. 355-360.
- ② 渡邊宗一郎, 鈴木善晴, 長谷部正彦, 松田慎介: 中国起源の酸性物質に関する移

流拡散シミュレーションとその我が国への影響, 土木学会水工学論文集, 査読有, 第 53 巻, 2009 年, pp.235-240.

- ③ Y. Suzuki, S. Watanabe, M. Hasebe, and S. Matsuda : Study on sulfur dioxide transport from China to Japan using an advection and dispersion model, Proc. of 18th World IMACS Congress and International Congress on Modelling and Simulation 2009, 査読有, 2009, pp.2286-2291.
- ④ Y. Suzuki, M. Kamata and M. Hasebe : Multiscale spatiotemporal variations of precipitation-topography relationship over mountainous complex terrain, Proceedings of Water Down Under 2008, 査読有, 2008, pp.2361-2372.

[学会発表] (計 16 件)

- ① 田中聡一郎, 鈴木善晴 : 集中豪雨の人為的抑制を目的としたクラウド・シーディングに関する数値実験, 第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2011 年 3 月 10 日, 法政大学.
- ② 脇遼平, 鈴木善晴 : GCM 出力に基づいた豪雨の発生頻度・発生規模の将来変化に関する研究, 第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2011 年 3 月 10 日, 法政大学.
- ③ 石山友基, 鈴木善晴 : TRMM/PR による全球規模の観測情報を用いた降雨の標高依存性の解析, 第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2011 年 3 月 10 日, 法政大学.
- ④ 郷祐美子, 菅原景, 鈴木善晴 : シーディングによる豪雨抑制効果に関する数値実験的研究, 水文・水資源学会 2010 年度研究発表会, 2010 年 9 月 7 日, 法政大学.
- ⑤ 郷祐美子, 菅原景, 鈴木善晴 : シーディングを用いた気象制御手法による降水現象への影響, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 2 日, 北海道大学.
- ⑥ 菅原景, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : シーディングを用いた気象制御手法による豪雨抑制効果に関する数値実験的研究, 第 37 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2010 年 3 月 13 日, 日本大学.
- ⑦ 大野達也, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : 足尾地区における植生状態の変化が周辺地域の降水現象に及ぼす影響に関する研究, 第 37 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2010 年 3 月 13 日, 日本大学.
- ⑧ 郷祐美子, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : 地形形状及び大気場の変化が集中豪雨の発生・停滞に与える影響に関する研究, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009 年 9 月 3 日, 福岡大学.
- ⑨ 渡邊宗一郎, 戸村 睦, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : 足尾地区における植生変化を考慮した栃木県周辺の水文・気象特性の解析, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009 年 9 月 3 日, 福岡大学.
- ⑩ 佐藤広基, 長谷部正彦, 鈴木善晴 : 将来推計データに基づいた気象現象に対する地球温暖化の影響に関する研究, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009 年 9 月 3 日, 福岡大学.
- ⑪ 郷祐美子, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : 地形形状の変化が集中豪雨発生時の風速場に与える影響に関する数値実験的研究, 水文・水資源学会 2009 年度研究発表会, 2009 年 8 月 19 日, 石川県文教会館.
- ⑫ 渡邊宗一郎, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : 足尾地区における植生変化が短期的な降水現象に与える影響に関する研究, 水文・水資源学会 2009 年度研究発表会, 2009 年 8 月 19 日, 石川県文教会館.
- ⑬ 佐藤広基, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : GCM20 による将来推計データに基づいた地球温暖化進行時における降水現象の変化, 水文・水資源学会 2009 年度研究発表会, 2009 年 8 月 19 日, 石川県文教会館.
- ⑭ 郷祐美子, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : 地形形状及び大気場の変化が集中豪雨の発生・停滞に与える影響に関する研究, 第 36 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2009 年 3 月 13 日, 千葉工業大学.
- ⑮ 佐藤広基, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : 将来推計データに基づいた気象現象に対する地球温暖化の影響に関する研究, 第 36 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2009 年 3 月 13 日, 千葉工業大学.
- ⑯ 神章文, 鈴木善晴, 長谷部正彦 : 鉄道沿線雨量計データおよびメソ気象モデルを用いた降雨 - 地形関係の解析, 第 36 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2009 年 3 月 13 日, 千葉工業大学.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 善晴 (SUZUKI YOSHIHARU)  
法政大学・デザイン工学部・准教授  
研究者番号 : 80344901

### (2) 研究分担者

( )  
研究者番号 :

### (3) 連携研究者

( )  
研究者番号 :