

洋上カーテンを想定した線状対流系豪雨の制御シミュレーション
Weather Modification Simulation of Line-Shaped Convective System Torrential Rainfall by
Introducing Offshore Curtain

○山口弘誠・西村将真・中北英一

○Kosei YAMAGUCHI, Shoma NISHIMURA, Eiichi NAKAKITA

There is concern that heavy rainfall is becoming more serious as global warming progresses, and it is hoped that heavy rainfall can be mitigated through weather control. The objective of this study is to investigate whether it is possible to suppress heavy rainfall by manipulating winds to simulate Offshore Curtain through numerical simulations. As the target case, the line shaped convective system case of the 2017 northern Kyushu heavy rainfall was taken up. The meso-scale meteorological model CReSS was used for the numerical simulation of the heavy rainfall. The wind turbine scheme developed by Uchida et al. (2020) was used to simulate the Offshore Curtain with a size of 1 km x 1 km. The Offshore Curtain was installed on the upstream side of the water vapor inflow path to simulate the suppression of heavy rainfall. As a result, we found that the maximum intensity of line shaped convective rainfall can be reduced by up to 34%.

1. はじめに

近年、甚大な被害を及ぼすような豪雨災害が頻発しており、そのうちの 하나가線状対流系豪雨である。特に2017年7月5日に発生した九州北部豪雨では、福岡県、大分県の両県で、死者37名、行方不明者4名の人的被害の他、多くの家屋の全半壊や床上浸水など、甚大な被害が発生した。激甚化する豪雨災害の被害を抑える新たな方策として気象制御が期待されている。

本研究では、線状対流系豪雨を対象として、雨域の風上側の風速場を操作することで、降雨量を抑制することが可能かどうかを数値シミュレーションで検討することを目的とする。また、風速場操作の位置を変化させる感度実験を行う。

2. 制御シミュレーションの設定

対象事例を2017年九州北部豪雨とした。山口ら(2018)におけるメソ気象モデルCReSSを用いた再現実験結果をNo Control実験とし、これに対して風速場操作実験を行った。このモデルの水平解像度は1kmである。

本研究では風速場操作の具体的な制御デバイスとして、図1の洋上カーテンを想定している。洋上カーテンを模擬する計算スキームとして、内田ら(2020)が開発した風車の抵抗体スキームを採用し、幅1km×高さ1kmの大きさの洋上カーテンを設定した。

洋上カーテンの設置位置に関して、豪雨に対して風上側の水蒸気流入経路上において設置した。具体的には、図2で示すように東西方向にずらした16パターン、および鉛直方向にずらした3パターン(下層;650-1450m,中層;1250-2080m,上層;1860-2750m)を組み合わせて計48パターンの感度実験を行った。

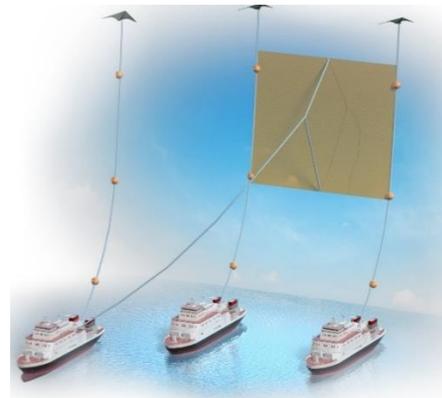


図1 洋上カーテンのイメージ図

3. 計算結果

対象とする線状対流系について、3時間積算雨量で評価する。まず、雨域内における空間的な最大値について、No Control実験からの差を図3に示す。感度実験の結果として、-35%~+15%の幅で変化しており、平均的には抑制効果があることがわかった。また、下層に設置するほうが抑制効果が高かったということが読み取れる。一方で、

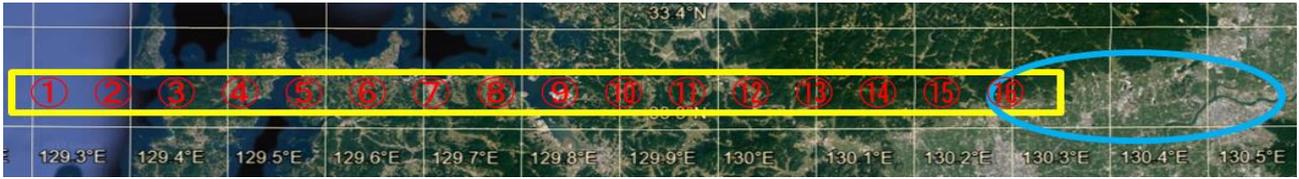


図2 風速場操作を行う位置（青の楕円が降雨域）

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	高度別平均
上層	-17.1622	-14.5011	-23.8602	-25.4166	-11.8903	4.837502	-5.24031	10.87362	-4.01608	-20.4708	-10.643	-1.1653	-17.738	-10.6014	-14.4651	-20.9154	-11.3984
中層	-27.1097	-10.9045	-34.0444	-3.20303	-4.31136	6.466515	11.96919	6.54493	-24.6367	-16.6432	-17.3061	-14.1804	-0.92619	-5.58431	-6.98702	13.54086	-7.9572
下層	-17.3866	-32.8583	-6.55267	-15.0641	-24.1751	-40.4036	-35.8637	-22.5517	-39.0485	-28.204	15.39896	-13.5468	-4.90208	-16.9647	-3.49049	-15.7192	-18.8333

図3 No Control 実験に対する各感度実験の3時間積算雨量の最大値の差 [mm] (青が抑制, 赤が促進)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	高度別平均
上層	-1.11092	-3.55E-02	-0.68171	-0.67427	1.241879	1.35038	2.431362	2.400135	1.438826	1.923969	-0.32805	0.108225	-0.82196	-0.75106	-1.10216	-1.41585	0.248331
中層	-0.75397	-8.21E-02	-0.34053	1.23704	2.121058	1.960934	2.386541	1.793095	0.479063	0.557575	-0.78163	-0.37073	0.306215	-3.72E-02	-0.89182	0.383259	0.497924
下層	-0.34484	-1.10494	0.365534	0.25021	0.272121	-1.27847	-0.48508	-0.33807	-2.15111	-1.82433	0.829008	-0.84773	0.344202	-0.66577	1.68E-02	-1.21275	-0.51095

図5 図3と同様, ただし領域平均雨量[mm]で比較したもの.

東西方向の違いを見ると, 雨域発生位置に近い場所の方が直接的に働きかけるので変化傾向が大きいと見込んでいたが, そうではなくある程度距離が離れた位置に設置する方が大きな抑制効果を示したケースも多かった. ただし, 大きな抑制効果があった隣の位置では逆に促進して雨量が増えてしまうケースも確認された. ここで空間分布の変化を調べるために, 図4に No Control 実験と最も抑制効果が見られたケースのそれぞれの3時間積算雨量を示す. 強雨域の強度が分散し, 弱い雨域が風下側や広域の幅が広がったことで豪雨の一箇所集中を緩和することが示唆された.

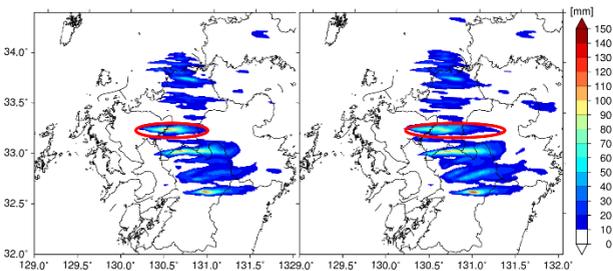


図4 3時間積算雨量 (No Control 実験, 右が風速場操作実験の1つ)

次に線状対流系の総雨量の変化を調べるために, 3時間積算雨量の領域平均値の差を図5に示す. 下層での風速場操作が雨域全体の雨量を減らす傾向があるのに対し, 中層, 上層での風速場操作による結果は, 雨域全体で見ると降雨量が増大している傾向が強いことが示された. これらの図を合わせて見ると, 雨域平均雨量, 3

時間積算雨量のピーク値がともに減少している結果が 26 パターン, 雨域平均雨量が増大しているものの, 3時間積算雨量のピーク値は減少している結果が 15 パターン存在していることから, 3時間積算雨量のピーク値が減少しているメカニズムが複数存在する可能性があり, ピーク値の減少のメカニズム解明がより重要と考えている.

4. 結論

本研究では, 豪雨制御手法としての洋上カーテンの可能性を示すことを目的として風速場操作実験を行った. その結果, 特に下層の風速場操作に関しては No Control 実験と比べ, 3時間雨量の空間最大値および雨域平均雨量ともに減少する結果を多く得ることができた. また, 風速場操作の位置において豪雨の強度を弱める一方で, 強めてしまう可能性もあることが示唆された.

今後, 降水量減少のメカニズムに着目することで, 何が起因して雨が生成されるまでの過程に違いをもたらすのか, さらなる解析をする予定である.

参考文献

- 1) 山口 弘誠,堀池 洋祐,中北 英一(2018):平成 29 年 7 月九州北部豪雨における線状降水帯の予測可能性と発達機構の解析, 土木学会論文集 B1 (水工学) 第 74 巻 5 号,p. I_277-I_282
- 2) 山口 弘誠, 村瀬 公崇, 中北 英一(2021): 積乱雲周辺の対流圏中層水蒸気が降雨強化へ及ぼす影響と指標化, 土木学会論文集 B1 (水工学) 77 巻 2 号, p. I_1141-I_1146