

# A Numerical Investigation of Tornadogenesis Associated with the Interaction between a Supercell and an Outflow Boundary

本田, 匠

<https://hdl.handle.net/2324/1500506>

---

出版情報：九州大学, 2014, 博士（理学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

氏 名	本田 匠			
論 文 名	A Numerical Investigation of Tornadogenesis Associated with the Interaction between a Supercell and an Outflow Boundary (スーパーセルストームと冷気外出流境界との相互作用に伴う竜巻発生の数値的研究)			
論文調査委員	主 査	九州大学	助教	川野 哲也
	副 査	九州大学	教授	川村 隆一
	副 査	東京大学	教授	新野 宏

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

竜巻の多く、特に激しい竜巻は強い鉛直軸回転をもつ特殊な巨大積乱雲（スーパーセル）に伴って発生する。スーパーセル内部に存在する強い鉛直渦（メソサイクロン）は竜巻発生に重要な役割を果たしていることが先行研究から明らかになっている。よって、メソサイクロンの発達にはスーパーセルに伴う竜巻発生の必要条件ともみなされている。しかし、スーパーセルの 20%程度しか竜巻を引き起こさない。近年の米国での野外観測から、スーパーセルに伴う竜巻の多くは、何らかの境界近傍で発生することが明らかになっており、スーパーセル近傍の別の積乱雲が作り出す下層冷気外出流の先端がその境界として特に注目されている。したがって、スーパーセルと冷気外出流との相互作用による竜巻の発生過程を明らかにすることは非常に重要な研究テーマであり、本論文はこのテーマについて論じたものである。

本研究では、スーパーセルと冷気外出流との相互作用による竜巻の発生過程に対する冷気外出流の冷気強度依存性、衝突のタイミング依存性、外出流先端部の風の水平シアの強度・符号依存性などを調べるため、新しく開発された数値シミュレーション手法が用いられている。その手法では、水平一様な初期場からスーパーセルを発生・発達させ、ある時点で一端計算を止める。その出力データに冷気外出流とみなす温度・水平風偏差を導入した後、計算を再スタートさせる。この手法を用いると、比較的狭い計算領域でスーパーセルと冷気外出流との相互作用による竜巻の発生過程を調査できるため、コンピュータリソースを大幅に節約することができ、様々な条件での相互作用を調査することが可能となっている。

冷気外出流先端部に水平シアがない場合、冷気外出流先端部での下層水平収束の強化とそれに伴う引き伸ばし効果が竜巻発生に重要であることが示された。この相互作用は中程度の冷気の場合で最も強くなるが、このことは、冷気外出流先端における水平収束の振幅とその内部の気塊浮力とのバランスとして解釈される。より冷たい冷気外出流境界はより強い水平収束を伴うため、相互作用に伴う竜巻発生の促進に有利である。一方で、そのような冷気外出流の内部に存在している、より小さな浮力の気塊は、上昇流強化の阻害を通して、渦の引き伸ばしによる竜巻発生を阻害する効果を持つ。これらの相反する効果により、相互作用による竜巻発生には中程度の冷気が最適であると結論づけられている。

冷気外出流先端部に水平シアがある場合、スーパーセル内部のメソサイクロンが発生に関与する竜巻と関与しない竜巻があることが示された。それは冷気外出流先端部の水平シアの強度に大きく

依存している。冷氣外出流先端部の水平シアが大きい場合には、その水平シアによる鉛直渦がメソサイクロンと結合して強化するケースと結合しないままに強化するケースがある。一方、小さい水平シアの場合には、前述した水平シアなしの場合と同様のプロセスによって竜巻発生が促進される。また、相互作用による竜巻発生は水平シアの符号にも依存しており、その依存性は正（負）の水平シアをもつ冷氣外出流を導入した場合の地表付近の鉛直シアの弱化（強化）によると結論づけられている。

冷氣外出流先端部に水平シアがある・なしに関わらず、スーパーセルと冷氣外出流との相互作用による竜巻発生は、それらが衝突するタイミングに大きく依存していることも示されている。その依存性はスーパーセル内部のメソサイクロンと地表の初期渦の発達具合による。つまり、衝突時に両者があまり発達していないとその相互作用が弱く、竜巻発生を促進しない。両者が十分に発達している状態で冷氣外出流が衝突すると、水平収束の強化を通して竜巻発生に至ることが示された。

スーパーセルと別の積乱雲からの冷氣外出流との相互作用による竜巻発生過程をこのように組織的に調査した研究はこれまでになく、本研究はそれらの相互作用による竜巻発生過程に新規で重要な知見を見出しており、本研究者の行った研究は気象学の分野において価値ある業績と認められる。

よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。