

ファーストエコー

小林 文明*

「ファーストエコー」とは、対流雲が発生してからレーダーで捉えられた最初のエコーのことを指す。ファーストエコーは、「first radar echo」の訳語「ファーストレーダーエコー」を略した言葉、つまりレーダー気象学の用語である。積乱雲内では急速に雲粒や降水粒子の成長、増加が連続しているが、マイクロ波帯 (S-band (波長10 cm), C-band (5 cm), X-band (3 cm)) レーダーで見た場合、後方散乱物体である降水粒子の空間密度がある値を超えた時点で初めて空間平均したレーダーエコーとして捉えられるため、特定高度 (仰角) の特定領域でエコーが発生したように映る。

First radar echo の用語自体は、筆者の知る限りでは1970年代には既に論文で用いられており、決して新しい言葉 (概念) ではない。1970年代以降、気象レーダーを用いた積乱雲観測が盛んになり、積乱雲の構造や、雲物理、雷放電機構を議論するために、降水粒子が積乱雲内のどこで形成されるのかという観測事実が重要であったのである。

最近では、“ゲリラ豪雨” 対策として各地に MP (マルチパラメータ) レーダーが設置されたこともあり、如何に早期に降水エコーを検出するかが社会的な課題にもなっている。また、世界各地で積乱雲の発生初期段階 (いわゆる convection initiation) の詳細を明らかにする研究が活発に行われている。さまざまなりモートセンシングで積乱雲のでき始めを観測しようとする観点から、「ファーストエコー」あるいは同等の用語が頻繁に用いられているものと考えられる。

ただ、わが国では日本語訳として適当な用語が定着

しないまま現在に至っている。「積乱雲の芽 (embryo の訳と考えられる)」や「積乱雲の卵」などという言葉も散見されるが、“帯に短かし…” のようである。筆者は現在でも論文等では、「ファーストレーダーエコー (以下、ファーストエコーとよぶ)」などと断りを入れているが、ファーストエコーは学術用語として認められているわけではないので、用いる際には留意して頂きたい。以下、具体的な観測事例を紹介しながらファーストエコーについて述べる。

近年、短時間豪雨や都市型水害が社会的問題としてクローズアップされたきっかけのひとつに練馬豪雨が挙げられる。1999年7月21日に都内練馬区で1時間雨量131 mm を記録した。このときの積乱雲はわずか30分程度で練馬上空において発生、発達し、レーダーエコーは最大反射強度が50 dBZ を超え、エコー頂高度は17 km に達した (小林ほか 2001)。練馬豪雨は、今でも最も顕著な都市型豪雨災害事例のひとつとして認識されているが、興味深いのは、翌日の7月22日にも孤立した積乱雲がほぼ同じ場所で発生し、50 mm を超える時間雨量を記録したことである。この2例の積乱雲を横須賀から X-band レーダーで観測すると、高度4 km から5 km という比較的高い高度でエコーが現れた。すなわち、急速に発達する積乱雲は強い上昇流速を反映して、通常より高高度でファーストエコーが観測されたものと推測された。

その後、1999年から8夏季間にわたり、夏季静穏時に南関東において発生した孤立積乱雲を対象にファーストエコーの発生特性を調べた (Kobayashi and Inatomi 2003; Kobayashi *et al.* 2009)。約500個のファーストエコーの発生場所をみると、奥多摩や丹沢など山岳域周辺だけでなく東京23区北西部などの平野部でも高頻度の領域が存在することがわかった。さらに、ファーストエコーの発生高度は、山岳域ではほと

* Fumiaki KOBAYASHI, 防衛大学校地球海洋学科.
kobayashi@nda.ac.jp

© 2015 日本気象学会

んどが高度2 kmと低いのに対して、都心の平野部では高度4~5 kmで観測された。すなわち、山岳域では谷風などの上昇流により比較的早い時刻からエコー頂高度が5 km程度の積乱雲が数多く発生するのに対して、平野部では一旦積乱雲が発生すると高度10 kmを超えるような発達をする事例が多かった。このような積乱雲の構造の違いにより、山岳域と平野部ではファーストエコーの発生高度が異なることが示唆された。

現在、孤立して発生する積乱雲をX-bandとW-band(ミリ波)レーダーで同時観測し、加えて可視的な雲の測量により積乱雲の輪郭(雲頂)を捉えることを試みている(Kobayashi *et al.* 2012)。一般に、1個にみえる積乱雲もその成長過程を詳しくみると、複数のタレット(水平スケールが1 km程度の雲の塊を指す)で構成されている。目視でみた積乱雲タレットが高度4~5 kmに達した時点で、X-bandレーダーでは高度2.5~3.5 km付近にファーストエコーが検出されることが多い。この観測研究を始めて最初に捉えた事例を示すと、当該積乱雲はその発生から約40分で高度10 kmに達し、X-bandレーダーでは発生20分後に高度3 kmでファーストエコーが確認された(Kobayashi *et al.* 2011)。W-bandでは、タレット発生から約2分後に、高度3.8 kmでエコーが検出された。X-bandレーダーではタレット最盛期の3分後にファーストエコーが観測されたのに対して、W-bandではタレット最盛期の9分前にファーストエコーが観測された。つまり、W-bandレーダーはX-bandに比べて10分以上先行してファーストエコーを検出できることを意味している。

さらに、時空間分解能のよい(時間分解能数秒、空間分解能5 m程度)W-bandレーダーでは、積雲段階からエコーが検出されることもわかった。今後、様々なレーダー(W-band, Ka-band, Ku-band, X-band, C-band)を用いて同一の積乱雲を観測した場合、おそらくそれぞれのレーダーによってファーストエコーのみえ方は異なることが予想される。つまり、同じ積乱雲を観測してもレーダーによって検出されるファーストエコーの発生タイミング、位置、大きさなどは異なるであろう。これからは、それぞれのレーダーで検出されたファーストエコーを区別して、“〇〇レーダーで観たファーストエコー”などといわ

ないと混乱をきたすことになる。

一般に、研究用のX-bandレーダーは、最小受信感度10~15 dBZ、距離分解能100 m程度の性能を有しているため、検出されたファーストエコーは、相対的に粗い時空間平均をとった場合に観えるエコーといえる。一方、時間空間分解能のよいW-bandレーダーでは積雲段階の雲粒子から捉えることが可能となり、積乱雲発生初期段階から雲の外観とほぼ同様の領域でエコーが検出できるようになる。こうなるとファーストエコーという概念は意味がなくなるかもしれない。

また、同じX-bandでも時間分解能の優れたフェーズドアレイレーダーだと、ファーストエコーの発生からエコーコアの形成、落下に至る一連の過程が連続して観測されることが期待できる。パラボラアンテナを回転させて多仰角を観測する従来の手法から、多くの素子で同時観測を行うことで積乱雲中のファーストエコーの位置をより正確に、連続的に観測することが可能になる。フェーズドアレイレーダーで積乱雲発生過程がどのように観えるかは興味深い。局地的豪雨や竜巻などをもたらす積乱雲の構造を理解する上でも、またノウキャストの精度向上のためにも、今後ファーストエコーの議論は重要になるとと思われる。

参 考 文 献

- Kobayashi, F. and N. Inatomi, 2003: First radar echo formation of summer thunderclouds in southern Kanto, Japan. *J. Atmos. Electr.*, **23**, 9-19.
- 小林文明, 上野洋介, 稲富成子, 紫村孝嗣, 2001: 1999年7月21日東京都心周辺に豪雨をもたらした積乱雲. *天気*, **48**, 3-4.
- Kobayashi, F., M. Imai, H. Sugawara, M. Kanda and H. Yokoyama, 2009: Generation of cumulonimbus first echoes in the Tokyo Metropolitan region on mid-summer days. *Proceeding of 7th International Conference on Urban Climate*, B12-5.
- Kobayashi, F., T. Takano and T. Takamura, 2011: Isolated cumulonimbus initiation observed by 95-GHz FM-CW radar, X-band radar, and photogrammetry in the Kanto region, Japan. *SOLA*, **7**, 125-128.
- Kobayashi, F., A. Katsura, Y. Saito, T. Takamura, T. Takano and D. Abe, 2012: Growing speed of cumulonimbus turrets. *J. Atmos. Electr.*, **32**, 13-23.