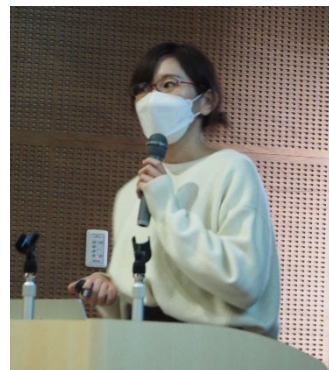


地球物理としての宇宙天気

中村紗都子（名古屋大学）

1. 宇宙天気とは

宇宙天気とは過去数十年の宇宙探査と現代インフラ発展に伴い創出された科学分野である。太陽フレアなどの太陽活動が電力・通信網などに日々影響を与えていることが分かりつつあり、特に大きな太陽フレアは変電施設を焼損させ電力網を破壊する可能性をもつなど、日本でも5兆円・全世界で3.4兆ドル以上の被害の経済的損失が発生するという試算 [Oughton+2018] や、電力網の高効率化に伴いこの20年でGICのリスクが3倍に増加したという指摘 [Molinski, 2016] もされ社会的注目が集まっている。



この宇宙天気という新たな用語であるが、たびたびその用語の指す対象について人々のあいだで齟齬をきたしている。宇宙環境を地上の気象状況を表す「天気」になぞらえたことを考えると、物理現象や物理システムか、またはある範囲の学問領域を指すのが自然に思われる。例えば以下のような説明ができるであろう。

- (1) 地球周辺環境における擾乱として現れる、太陽と結びついた物理プロセスの巨大なシステム
- (2) 太陽活動、オーロラ、磁気擾乱などの一見無関係に見える現象に関する研究の集合体

宇宙天気に対して上記のような説明がされることもある一方で、世の中の辞書や教科書を参照すると、以下のような記述に出会うことがある。

- (3) 人体や社会インフラに影響を与えるおそれのある、宇宙放射線や地磁気嵐などの宇宙環境の変動（大辞苑）

すなわち、物理現象ではなく社会への影響に焦点があたっているのである。これは一体どういうことだろうか。

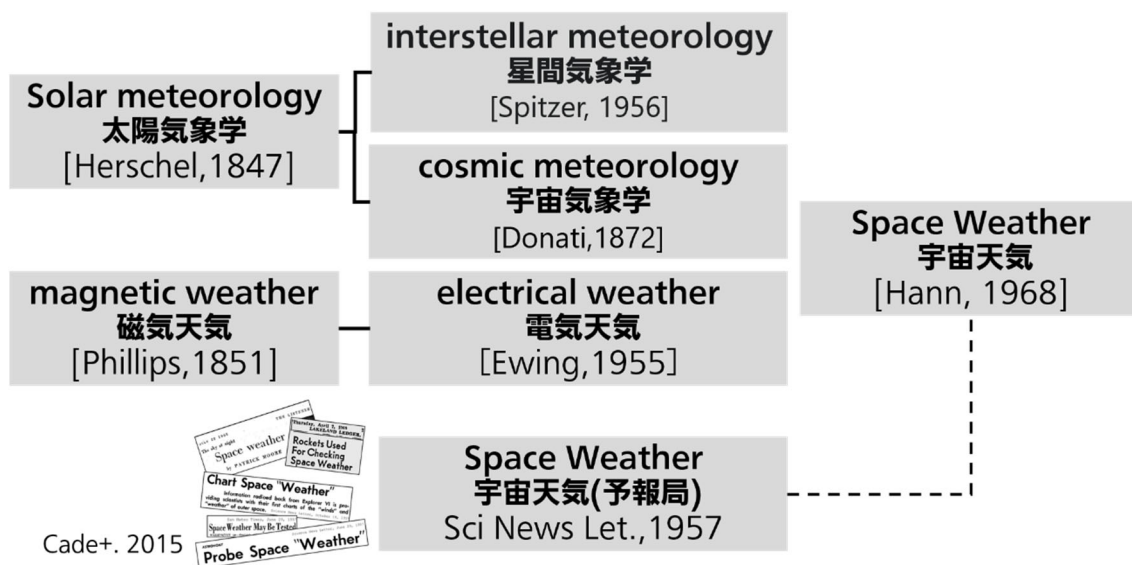


図 1. Space Weather にかかわる用語の変遷[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]

これには宇宙天気という言葉の成り立ちを遡る必要がある。宇宙天気は Space Weather を和訳したものであるが、最初に科学論文で Space Weather という言葉を使ったのは Hahn (1968) [8] であるらしい[1]。Hahn は米国の防災における環境庁 (ESSA) の重要性を議論しており、その中で「今後 space “weather” も重要になっていくであろう」と述べている。つまり宇宙天気災害に備えた “space weather forecast” を念頭に置いている。これにはさらに以前の成り行きがあり、それまでの宇宙天気にかかわる用語の変遷を図 1 にまとめた。この space weather という表現は Hahn の造語ではなく、当時急速に宇宙開発が進む中で新聞や科学レターの中で流行した表現だったらしい。以後、Hahn を発端として多くの科学論文が宇宙天気予報の必要性に関して議論しこの表現を使ったようだ。つまり、この言葉はもともと社会インフラとの関係と強く紐づいた言葉であり、上記(3)の説明が最も近いようだ。

一方で上記(1)(2)のような解釈は間違いかということ、実はより古くから続く別の流れが存在する。まず、Herschel (1847) [2] が太陽黒点のダイナミクスを考える上で、地球大気になぞらえて “solar meteorology” (※) という表現を導入した。さらに 1800 年代以後に太陽黒点や地磁気やオーロラの知見が蓄積されるにつれ、無関係と考えられてきたこれらの現象に繋がりがあるのではないかと着想する研究者が徐々に増えていき、この “meteorology” が太陽だけでなく星間空間、そして地球にまで広がっているのだと “interstellar meteorology” [4] や “cosmic meteorology” [5] と拡張して表現していった。また、地磁気や大気電場の突発的現象を指して “magnetic weather” [6], “electrical weather” [7] といった表現をすることもあった。こうしたように「宇宙の天気のなもの」という概念や表現は様々な形で受け継がれていた。ところが先述の Space Weather という言葉が一躍人気になると、まさにこの言葉が適しているということで Space Weather がこの意味で使われることも増えていった。結局、太陽を起点としたような宇宙環境変動をぴったり表す言葉は研究コミュニティからは生まれなかった。

(※) 発表後、廣田勇先生に「Solar はラテン語、meteorology はギリシャ語が由来であるから、solar meteorology という表現は言語学に間違い。それなら helio-meteorology というべき」と教えていただきました。

まとめると、宇宙天気という言葉は現状では広く(1)(2)(3)を包括する言葉として使用されているものの、その成り立ちから(3)の印象を強く残すような状況となっている。この印象は根強いようで、以前に宇宙天気と題のついた集まりに磁気嵐の研究者を招待しようとしたところ「私は宇宙天気研究はやっておりません」と断られてしまったことがある。また、この研究分野をうまく表現する言葉がないのは、関連研究分野の名称を見てもわかるかもしれない(図2)



図2. 日本の関連研究室・機関の名称[9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]

2. 宇宙天気をとりまく課題

宇宙天気は、科学対象として以下のように非常に多様な側面をもつ。

- (1) 複雑な自然現象を対象としており、広範囲（太陽+宇宙空間+地球）、未解明の物理プロセス（太陽周期活動、フレア、粒子加速、オーロラ嵐）、データの不足（観測データの未蓄積、直接観測の困難）などといった難しさを抱えている。
- (2) 新たな自然災害として認識されつつあり、社会インフラの発展に応じてその被害の性質や規模が急速に変化しており、惑星規模の社会影響がありうると予想されている。

自然現象と社会現象という2面性から、科学的理解による予測、科学に基づく行政施策、産業界との連携と被害低減への備え、正しくわかりやすい周知、新たな課題への人材

育成などが急務となっている。

References

1. Cade, W. B. and Chan-Park, C. (2015), The Origin of “Space Weather,” *Space Weather*, 13, 99- 103, doi: 10.1002/2014SW001141.
2. Herschel, J. F. W. (1847), *Results of Astronomical Observations Made During the Years 1834, 5, 6, 7, 8, at the Cape of Good Hope*, Smith, Elder, and Co., London.
3. Spitzer, L. (1956), Interstellar matter, in *New Horizons in Astronomy*, *Smithson. Contrib. Astrophys.*, vol. 1, edited by F. L. Whipple, pp. 139-140, Smithsonian Institution, Washington, D. C.
4. Donati, G. B. (1872), I fenomeni luminosi della grande aurora polare, in *Memorie del R. Osservatorio di Firenze ad Arcetri*, vol. 1, pp. 30, Le Monnier, Florence.
5. Phillips, J. (1851), On isoclinical magnetic lines in Yorkshire, in *Report of the Twentieth Meeting of the British Association for the Advancement of Science*, Vol. II Notices and Abstracts of Communications to the British Association for the Advancement of Science, p. 14, John Murray, London.
6. Ewing, A. (1955). International Look at Earth. *The Science News-Letter*, 67(3), 42-43. <https://doi.org/10.2307/3934990>
7. Chart Space “Weather.” (1959). *The Science News-Letter*, 76(15), 229-229. <https://doi.org/10.2307/3940998>
8. Hahn, W. A. (1968). Providing Environmental Science Services. *Public Administration Review*, 28(4), 326-341. <https://doi.org/10.2307/973514>
9. <http://www-step.kugi.kyoto-u.ac.jp/>, 2023.02.18
10. <https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/>, 2023.02.18
11. <http://denji102.geo.kyushu-u.ac.jp/>, 2023.02.18
12. <https://is.isee.nagoya-u.ac.jp/miyoshilab/>, 2023.02.18
13. <https://www-space.eps.s.u-tokyo.ac.jp/research/course02/>, 2023.02.18
14. <https://stpp.gp.tohoku.ac.jp/>, 2023.02.18
15. <https://seg-www.nict.go.jp/>, 2023.02.18