

これまでの研究成果の整理と継承

田中 真*・成尾 芳博**

Classification and succession on research results of SPS2000

By

Makoto TANAKA* and Yoshihiro NARUO**

Abstract: As the result of study on SPS2000 for about 10 years, available research results have been obtained by many investigators. These studies lead the research field on SPS using a different approach from the U.S. SPS reference model. Published research papers and notes on SPS2000 show a possibility of a realistic and low-cost SPS. In particular, the demonstration of the SPS2000 functional model and the beam-builder model is one of many research results. In order to extend research field of SPS, it is necessary to classify research results of SPS2000, and it is important to define engineering problems and subjects for manufacturing. In addition, a construction of the SPS database including classified results of SPS2000 is available to lead specialists and non-specialists to the research field of SPS. Public support by those people will be the beginning of study of the realistic SPS.

概 要

約10年間にわたるSPS 2000の研究の結果、数多くの有益な研究成果が得られ、論文発表やSPS 2000機能モデルなどのデモンストレーションを通して世界のSPS研究をリードしてきた。今後、発展あるSPS研究を進めるには、今までの研究成果を整理し、実物を作るための問題点や残された研究課題を洗い出す作業が必要となる。更に、整理した研究成果を検索参照できるデータベースを構築することにより、専門家や非専門家を問わず多くの人々がSPS研究に参加し、支持や支援を得ながら研究を継続し継承することができると考えられる。

重要語: SPS 2000 , データベース , デモンストレーション , モデル

*東海大学

**宇宙科学研究所

1. はじめに

宇宙科学研究所の太陽発電衛星ワーキンググループの中から誕生したSPS 2000の研究は、1990年より始まり約10年近くが経過した。遅くとも西暦2000年までに、最初の軌道上での組立を開始することを目指してSPSの研究が進められてきたが、現時点で実現の見通しは立っていない。SPS 2000の研究は、アメリカのNASAとエネルギー省が1970年代から1980年代にかけて行ったSPSリファレンスシステムの研究結果をベースにしている。しかし、アメリカのSPSリファレンスシステムとは研究の方向性が大きく異なる。SPS 2000は、宇宙開発の一環としてではなく新エネルギー開発の一環として研究を進め、更に、実現のためにはどのような技術課題をクリアーする必要があるのか、実物を作るための研究課題や研究の基本要求を明確にして進める、という特徴を持っている。これまでのSPS 2000の研究成果は、論文集や報告書などを通して公表され、日本をはじめ世界のSPS研究をリードする実績を残している。ここでは、宇宙科学研究所の宇宙エネルギー工学部門をはじめ、複数の大学や研究機関で行われてきたSPS 2000の研究の動向や成果をまとめ、今後どのように継承して研究を進展させていくべきかについて述べる。

2. 研究成果の整理

研究成果を振り返る前に、まず根幹となるSPS 2000研究の基本方針や基本要求について述べる必要がある。1990年に開始したSPS 2000の研究は実現性を第一に置いて、本格的な宇宙太陽発電につなげるための実用化プロジェクト、つまり太陽発電衛星の第一号機を目指してスタートした。そして研究の基本要求は以下の7つにまとめられている。

- (1) 実現時期：遅くとも西暦2000年までに最初の軌道上での組み立てが開始されることとする。
- (2) 技術選択：実現時期までに商業的に使用でき、さらには将来の大規模化にも対応できる技術を比較選択する。
- (3) コスト基準：地上の発電所が供給する電力に競争できるものとする。
- (4) 軌道：発電衛星の軌道は赤道上の低高度軌道とする。軌道の保守管理は行わず、制御運用は簡素なシステムとする。
- (5) 打ち上げ条件：実現時期までに実用化されるロケットによる。
- (6) ユーザーの想定：電力の使用者は赤道直下帯の開発途上国の住民とする。
- (7) 規模と発展性：発電衛星の規模は軌道からの送電能力が10,000 kW程度する。1回の打ち上げごとに送電量を増してゆき、発電衛星完成後も、より大きなシステムに発展させることができるようにする。

この7つの要求をもとに大学や研究機関で研究が始まり、2000年7月現在までの研究成果をまとめたものが表1である。この表は、SPS 2000に関係する研究論文、技術資料、紹介記事等をリスト化し、Rナンバーリストと呼ばれるものを研究分野別に整理したものである。表中の基本要求の項目は、研究分野と7つの基本要求の関連を表している。実際にはリストにまだ登録されていない研究成果も多数あることを付記しておく。表1によれば、約10年間近く継続して行われたSPS 2000の研究の中で、総計301件の研究成果がまとめられ公表されたことが分かる。特に、発電電、電力伝送、レクテナと電力供給を中心に精力的に研究が行われている。この中には、SPS 2000システムの機能モデルの製作を通して生まれた成果が多数含まれている。一方、件数の少なかった打ち上げシステムの研究分野については、今後のSPSの実現に向けての大きな課題になると思われるので、その詳細について述べる。打ち上げシステムは基本要求の(3)のコストと大きく関わり、SPSを実現するには打ち上げコストを

表1 SPS2000個別研究登録リストに見る研究テーマ

研究テーマ	件数	基本要 求
全体システム	29件	(1)-(7)
システムダイナミックス	8件	(4),(7)
構造と組立	21件	(2),(7)
打上げシステム	2件	(5),(7)
発集電システム	32件	(2),(7)
電力伝送システム	53件	(2),(7)
レクテナと電力供給	22件	(2),(7)
耐宇宙環境性	29件	(4)
ワールドダイナミックスと経済性	13件	(3),(6)
マイクロ波と生態系	6件	(2),(6)
電力利用	5件	(3),(6)
国際協力と先行プロジェクト	18件	(6)
その他	34件	
参考資料	29件	
合計	301件	

劇的に減らすことが大きな命題となっている。現在までに登録されている打上げシステムの成果はわずかであるが、SPS 2000 研究とは直接は関係しないものの、将来SPS実現に大きく影響するであろう研究成果は生まれつつある。例えば、日本ロケット協会が進める観光丸のプロジェクト、宇宙科学研究所で実験が続けられている再使用ロケット実験機などが挙げられる。

SPS 2000 の研究では工学的な教育の面からも大きな成果を残している。学生が主体となって机上の概念設計を具体的にハードウェアの形にし、SPS 2000 の実働モデルを地上でデモンストレーションすることも精力的に行ってきた。例えば、年1回開かれる宇宙科学研究所の一般公開に合わせて、SPS 2000 機能モデル、自動組立装置、アタッチケースSPS 2000 デモモデルなどを製作し、実物のSPS 2000 のシステムに近い形で実演を行ってきた。図1は、1994年に展示した世界で初めてのSPS 2000 機能モデルの写真である。太陽に見立てたライトの光を太陽電池で電気に変換し、さらにマイクロ波に変えて約2m下に配置したレクテナで受信し、模型の灌漑用水のモータを回転させるというSPS 2000 システム全体の実演の様子である。学生はこれらの研究活動を通してSPS 2000 に関連する研究テーマを見つけ、論文を書くことを行ってきた。その成果をまとめたものが表2である。約10年間に学士、修士、博士あわせて57件の研究論文が発表され、特に衛星システムの発集電と宇宙環境に関連する論文が多く発表されている。SPS 2000 機能モデルや自動組立装置の製作や実演を通して、SPS 2000 実現のための具体的な問題点も明らかになり、大きな成果を残している。

3. 研究成果の継承

今後のSPS研究の発展には、専門家や非専門家を問わず多くの人々が参加し、支持や支援を得ながら研究を進める必要がある。例えば一般公開、国際会議、シンポジウムにおけるSPS 2000 の研究発表やデモンストレーションは、基礎技術研究の宣伝と同時に新しいエネルギー開発の1つとしてSPSを紹介し、社会的な認知を得るための良い機会となる。また継続的にSPS 2000 の情報提供やデモンストレーションを行うことで、SPS研究に取り組もう



図1 1994年度宇宙科学研究所の一般公開におけるSPS2000機能モデルの展示

表2 宇宙科学研究所宇宙エネルギー工学部門卒業生の学位論文の研究テーマ

研究テーマ	博士	修士	学士	基本要求
全体システム	0件	2件	4件	(1)-(7)
システムダイナミクス	1件	1件	0件	(4),(7)
構造と組立	0件	4件	5件	(2),(7)
衛星システム	0件	0件	16件	(2),(7)
宇宙環境	0件	5件	15件	(4)
関連研究	1件	3件	0件	
合計	2件	15件	40件	

とする新規の研究者を開拓したり，専門家ではない人々にSPS研究を理解してもらうチャンスを増やすことができると考えられる．SPS研究の詳しい情報を今すぐ知りたいという人々は今後さらに増加すると考えられ，そのための情報提供の体制が重要になると思われる．この要求に対応するには，これまでのSPS 2000の研究成果の整理から始まり，SPS 2000の研究姿勢や研究方針を伝え継承していく方法として，図2に示すデータベースの構築が考えられる．

- (1) どこに，SPSの情報があるのか．
- (2) どこまでSPSは研究されているのか．
- (3) これからのSPSの研究方針はどうなるのか．

これらの質問に応えるためのシステムが図2のデータベースであり，この中に約10年間に蓄積されたSPS 2000の基礎技術開発の情報や，まだ残されている技術課題を分類し，まとめておくと研究の目的や方向性が明確にな

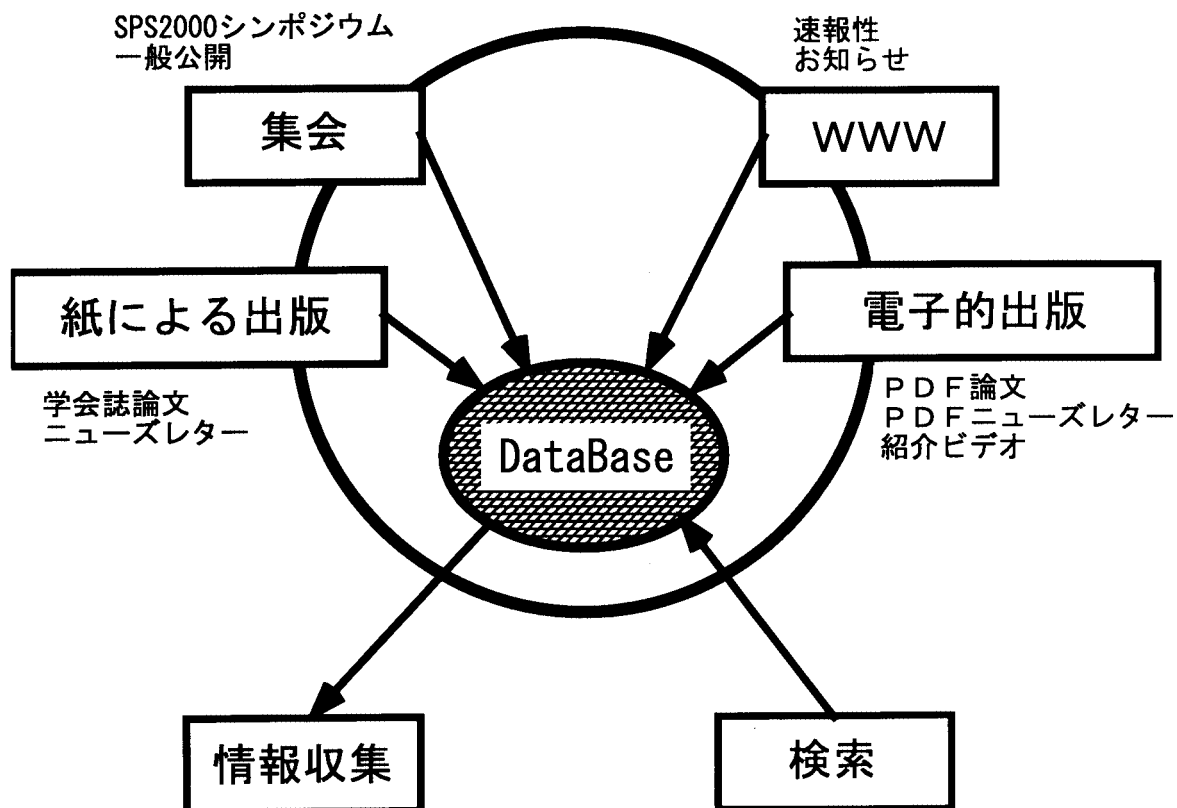


図2 SPS2000の研究をサポートするデータベースの構築例

る．新規の研究者にとっては，研究の進捗状況を短時間に把握し，すぐに創造的な研究に取り組めるメリットが生まれる．また非専門家にとっては，新エネルギー開発の一環として進められているSPS研究の情報を，必要な時に自由にアクセスできる手段を得ることで，社会的認知を促進することができると思われる．

これまで，図2の左半分に示すような集会や紙による研究成果の発表を通して，SPS研究の専門家に限定された情報が伝達されていたが，今後はインターネットの普及を活用した図2の右半分に示すWWWや電子的出版を通して情報提供が必要となってくるであろう．例えば，現在のSPS関連のニュースレターはSPS研究参加者のための内部資料となっており，刊行物としての引用ができない．そこで一歩前進させて，これまでに蓄積されたニュースレターの記事を収集整理してPDFファイルにまとめ，WWWを通じて公開すれば日本のSPS研究の認知度が高まるとと思われる．また現在試験運用を停止しているSPS 2000のホームページを再開し，情報公開のポリシーまたは戦略を明確にした上で，WWWを通じた情報発信や幅広い意見交換ができる場を作ることも大切となってくる．そして最も重要なのは，キーワードを入力して必要な情報を容易に取り出すことのできる検索システムをデータベースに組み込むことである．例えばRナンバーリストを検索したり，意見交換のログの中から自分の研究分野と関連する情報を引き出すことができるシステムがあると，非常に研究活動に役立つと思われる．

4. まとめ

SPS 2000の研究は，机上のアイデアで終わったアメリカのSPSリファレンスシステムとは異なる研究の方向性を持ち，実現性を第一に置いて新エネルギー開発の一環として進められてきた．常に，より実物へ近づける研究を重ね，機能モデルや自動組立装置の製作およびデモンストレーションなどを通して，実現への問題点を洗い出

し研究課題を明確にする作業を続けてきた。その結果、世界のSPS研究を先導する成果を数多く残すことができた。西暦2000年という節目の年を迎え、更にSPS研究を発展させていくためには、これまでの研究歴史を振り返る意味で成果の整理を行って現在の研究ポジションを明確にすることが大切となる。更に何年にもわたる研究を継承し、創造的な研究活動の方向性を明らかにするためにも、これまでのSPS研究の成果を検索参照できるデータベースシステムが重要になると思われる。

参 考 文 献

- [1] 太陽発電衛星研究会, 第1回宇宙太陽発電システム (SPS) シンポジウム講演要旨集, 1999.
- [2] Susumu Sasaki, and Yoshihiro Naruo : Guidelines for Development of SPS2000 Education Model, ISAS RESEARCH NOTE, ISAS RN 675, 1999.