

SPS2000アタッチケースモデルによる国際的な啓蒙活動

グイ・ピニョレ*

International Presentations of the SPS-2000 Attaché Case Functional Demonstrator

By

Abstract : The SPS 2000 functional portable demonstrator was developed in 1999 at the Space Power Laboratory of ISAS to promote the SPS concept in general, and the SPS 2000 programme more specifically. ISAS Research Note RN 697 [1] reported the development of the SPS 2000 Attaché Case demonstration models, and the various presentations of Model#1 and Model#2, up to the beginning of March 2000, when Japanese students Kimiko Kimata (ISAS) and Kazuhiro Shimizu (University of Kobe) came to Paris and La Réunion. Six models of the SPS 2000 Attaché Case Model#2 have been built and attributed to institutions and individuals active in the field of SSP promotion. After the IAF Congress in Amsterdam, the Model#2 prototype was attributed to Dr. Bryan Erb, Chairman of the Sunsat Council, for use principally in North America, and one model has been attributed to the Industrial Engineering Laboratory of the University of La Réunion, where research work is conducted for the Grand-Bassin operational WPT project. One model was attributed to the Young Astronaut Club of Japan for use mainly in Japan, another model was attributed to Prof. Matsuoka, of the University of Tokyo, for use mainly during official visits to the Equatorial countries. One model, operated by Dr. Guy Pignolet from CNES Headquarters in Paris, France, has been attributed to the World Solar Programme of UNESCO. One additional model remains available at ISAS in Sagami-hara for general or specific purpose presentations. While the primary objective for the SPS Attaché Case is dedicated presentations to decision makers, the functional models may be of great help for more general education purposes, especially in science museums in many countries of the World. Further development of the SPS 2000 Attaché Case Model is planned by a student educational "Micro-

*フランス国立宇宙研究センター

Company" which is a special business company set up by students and teachers as an educational practical tool. This "business" promises to be another exciting educational adventure that will call for co-operation from all of those active in the field of Space Solar Power.

概 要

SPS2000アタッシュケースモデルとは太陽発電衛星SPS2000の電気機能を模擬する小型のモデルである。これまで合計6台のモデルを製作し、太陽発電衛星の概念を世界の人々に広く知ってもらうために使用してきた。このモデルはフランスの学生教育団体マイクロカンパニーにより、学生の教育活動の一環としてより本格的な開発・製造が行われることになっている。

重要語：SPS2000，小型電気機能モデル，デモンストレーション，SPSの啓蒙

1. SPS 2000 アタッシュケースデモンストレーションモデル



図1 宇宙少年団用に開発したモデル

SPS 2000 の小型電気機能モデル(アタッシュケースモデル) は 1999 年に宇宙科学研究所宇宙エネルギー工学部門で開発され、太陽発電衛星の一般的な概念や太陽発電衛星モデル SPS 2000 の仕組みについて説明するためのデモンストレーションモデルとして使用されてきた。これまでに2種類のモデル(モデル#1, #2)を開発している。ISASリサーチノート RN. 697 [1] では、木俣喜美子(宇宙研)と清水和洋(神戸大)の2名の学生がパリとレユニオン島を訪問した2000年3月までのさまざまな啓蒙活動について紹介している。

これまでにアタッシュケースモデル#2は全部で6セット製作し、太陽発電衛星の研究の推進を行っている団体や個人、教育団体に寄付している。

モデル#2の第1号機は、アムステルダムでの国際宇宙連盟の国際会議の後、米国各地でのデモンストレーションに使用するため米国サンサットカウンシル議長のBryan Erb博士に提供した。また一台は、レユニオン島グランバサンでのマイクロ波送電実験研究プロジェクトを推進しているレユニオン大学の産業工学研究所に寄付した。

図1に示す1台は日本宇宙少年団に寄付した。また別の1台は赤道諸国でのSPS 2000のレクテナ調査活動に使用するため、帝京平成大学の松岡教授に提供した。パリのフランス国立宇宙研究センターで私が使用していたモデルはユネスコのワールド・ソーラー・プログラムに寄付した。最後の1台は現在宇宙研にあり、様々な目的で使用されている。

2. SPSの啓蒙ツールとしての利用経過

2. 1. レユニオン島での一連の日仏共同キャンペーンにおけるプレゼンテーション(日本の大学院生木俣喜美子(宇宙研)と清水和洋(神戸大)が参加)



図2 毎年7万人以上の見学者が訪問するStella Matutina科学博物館はレユニオン島での科学技術教育のセンターである。写真は同博物館でのアタッシュケースモデルの紹介の様子。同センターは1995年に以前のバージョンのSPS 2000電気機能モデルを6ヶ月にわたって展示した。2000年3月14日にアタッシュケースモデルの紹介が行われた時、所長のJean-Max Hoarauは、博物館もSPS 2000アタッシュケースモデルを持ちたい旨述べるとともに、グランバサンでの送電実験プロジェクトを支援することを約束した。



図3 2000年3月15日、大学レベルの電子工業教育を行っている技術学校Lycée de Trois Bassinsにおいてアタッシュケースモデルの説明が行われた時の様子。研究所長のJean-Marie Vacheron教授は、グランバサンの無線送電機器の開発に協力するとともに、第4節で述べるように本モデルの製作を行う教育団体を組織する可能性を述べた。



図4 2000年3月16日、セラミック製の観光みやげ製造所であるAtelier des Margouillatsを訪問した時の様子。Josiane Even所長と、携帯電話からの電波で動作するレクテナの設計と製作について相談を行った。これは無線送電と太陽発電衛星のしくみを理解するための小道具として使用できる。設計及び試作費についてはFINDS Foundation Bootstrap Award [2] から支援を受ける。



図5 2000年3月17日のレユニオン大学副学長による昼食会の様子。技術研究所長Patrick Hervé博士と産業開発研究所長Jean Terazzi博士が参加。アタッシュケースモデルの説明後、無線送電と太陽発電衛星の概念について活発な議論が行われた。



図6 2000年3月17日夕刻、教育関係者に対するアタッシュケースモデルの説明がJean-Luc Morisse主催のパーティの席上行われた。またロゴス社の技術部長へも同モデルの紹介が行われた。ロゴス社がモデルの製造を直接担当することにはならなかったが、大学とその地域の学校との協力で組織される教育団体Micro-Companyがモデルの製造を担当することになった。

2000年の3月から12月の間に、各種の国際的な会合でSPS 2000アタッシュケースモデルを用いたプレゼンテーションが10回以上開催され、将来のクリーンで再生可能なエネルギーシステムである太陽発電衛星の説明に大いに役立った。

2. 2. 2000年3月27日のESA本部におけるプレゼンテーション



図7 欧州宇宙機関 (ESA) 本部の宇宙太陽会議において、ESAの将来計画研究部のFranco Ungaro博士と国際部のFrederic Nordlund博士にアタッチケースモデルを用いた説明を行った。会議にはspace consultantのMarcel Toussaint博士、サンサットカウンシルのメンバーのBryan Erb博士、神戸大学の賀谷信幸教授、NASA本部のJohn Mankins博士も参加した。ESAは太陽発電衛星計画に関してはこれまで活発な活動は行っていないが、この会議を通じESAも次第に太陽発電衛星について興味を持ちつつあることがわかった。

2. 3. 2000年3月28日のユネスコ本部におけるワールドソーラープログラムの会合



図8 サンサットカウンシルメンバーが、パリのユネスコ本部Boris Berkovski博士の部屋でワールドソーラープログラム副専門官Saleye Yahaya博士と会合した時の様子。ワールドソーラー委員会はクリーンで再生可能なエネルギーシステムである太陽発電衛星の概念に強い興味を示した。説明に使用されたアタッチケースモデルは教育用としてユネスコに寄贈された。

2. 4. 2000年3月28日のパリのWHO (世界保健機構) のメンバーとの会合



図9 ユネスコとの会合後、サンサットカウンシルのErb博士、賀谷教授、Mankins博士、及び私は、Global Integrated Environment HealthのMichael Repacholi博士と会見した。同博士はアタッチケースモデルによる説明に感謝するとともに、マイクロ波に対する注意は必要だが、マイクロ波に対する恐怖はその理解不足から来ているとの見解を示した。また、マイクロ波のリスクについての技術的な文書を今後発行したいと述べた。

2. 5. フランスの Angersの電気技術学校 (ESEO:the Engineering School for Electronics) における説明



図10 Eseo [3] で開催された太陽発電衛星に関する会議の様子。工学部の大学院生に対し将来のエネルギーオプションである太陽発電衛星の説明を行った。アタッチケースモデルは太陽発電衛星システムの一連の技術の説明に用いられた。Eseoの高周波研究部長であるMohamed Latrach博士は、グランバサンの実験で使用されるレクテナアレイの電子回路の開発に協力することを約束した。

2. 6. スイスダボスで開かれたESAのAP 2000 アンテナと電波伝搬会議



図11 AP 2000 会議の議長であるAntoine Roederer氏の依頼により、2000年4月9日から14日まで開催されたAP 2000 会議のメインホールにアタッシュケースモデルを展示した。またアタッシュケースモデルに関する論文も発表された[4]。グランバサン無線送電実験と太陽発電衛星プロジェクトに関する日本語、フランス語、英語のパンフレット500部が参加者に配布された。このパンフレットは後にロシアのSerguei Shaposhnikov博士(写真中央)によりロシア語にも翻訳された。レユニオンからの大学院生Laurent Chane Kuang Sang(写真右側)はマグネトロン制御の研究を行っている。

2. 7. ツールズのSpace CenterにおけるプレゼンテーションとCnes Qui Se Passeの記事掲載



図12 2000年4月25日、CNESのツールズ宇宙センターのDaniel Hernandez博士(将来計画評価担当)にアタッシュケースモデルの説明を行った。SPS 2000と太陽発電衛星一般について工学部の学生に講義を行った。この写真は太陽発電衛星の紹介、グランバサン計画、WPT'01会議の記事とともに、Cnes Qui Se Passe(CNESの全職員に配布される内部雑誌)[5]に掲載されたものである。

2. 8. 2000年5月17日バンクーバーのSpacebound 2000 会議でのプレゼンテーション



図13 アタッシュケースモデルはバンクーバーのSpacebound 2000 会議で、低マイクロGレベルの宇宙システムを実現するための無線送電技術の説明のため用いられた。このようなシステムは特に結晶成長実験に必要とされる[6]。この提案は宇宙研で開催されたMicro-Gravity Free Flier Workshop[7]で検討されたものであり、後にブラジルでのIAFでも発表された[8],[9]。

2. 9. 2000年5月19日トロントのカナダ宇宙局で紹介されたアタッシュケースモデル



図14 カナダ宇宙局の宇宙電力利用に興味をもつグループのKieran Carroll博士(写真左側)。このグループはカナダ宇宙局で近未来の宇宙電力利用プロジェクトを推進している。彼らはカナダ沿岸から離れた無電力地域への電力伝送に無線送電技術を応用することを考えている。

2. 10. 2000年7月10日フランスのLudiver Astronomy and Space Education Centerにおけるプレゼンテーション



図15 Ludiverはノルマンディの西の端のLa Hagueにある．ここは核燃料の廃棄処理で世界的に有名なサイトの近くである．核燃料廃棄施設については多くの論議があるが，このあたりの村には多くの税金が投入され，大都市が羨むようなすばらしい教育センターがある．Ludiverの人々はSPS 2000のアタッシュケースモデルの説明に興味を持ち，2001年6月に予定されているPower from Space会議を誘致したいと述べている．

2. 11. 2000年7月20日のレユニオンのIndian Ocean Exposcience 2000における展示



図16 アタッシュケースモデルと無線送電の展示がレユニオンでのExposcience 2000 science fairで行われた．60余りの展示の大部分は学校関係のグループによる展示だった．展示期間中，レユニオン大学学長のMichel Boyer教授，Jean-Marie Vacheron教授，Lycée de Trois Bassinsの電気研究所長Jean-Marie Vacheron教授（右側）らとアタッシュケースモデルを製作するためのMicro-Companyの組織化について会合を持った．

2. 12. University of Londrinaにおける講演

国連/IAFのワークショップの前，2000年9月23，26，27日に，Londrina大学のTelecommunications Engineering SchoolのFernando Stancato博士の招きで，ブラジル南部パラナ州の中央付近にある新都市Londrinaを訪れ，アタッシュケースモデルを用いて講演を行った．Stancato博士及び彼の同僚はブラジルでの太陽発電衛星の研究に強い意欲を持っていた．



図17 Londrinaのスペースクラブで行ったアタッシュケースモデルの紹介．ここでは意欲あふれる学生達が定期的集い宇宙技術の学習やモデルロケットの製作を行っている．学生たちには図書室，集会室，技術室が用意されている．興味深い討議の後，学生たちにたくさんのショットキーダイオードを渡したので，彼ら自身でレクテナの製作や無線送電実験を行うことが可能となった．



図18 フランス語を学んでいる学生達にアタッシュケースモデルについてフランス語での説明を行った．特に若い学生は太陽発電衛星の意義と地球生態系への大きな役割について強い興味を示した．アタッシュケースモデルによるデモンストレーションは，言葉の壁をこえて太陽発電衛星の理解に非常に役立った．



図19 Londrina大学では、工学部の学生たちにプロジェクト管理と太陽発電衛星コンセプトの2つの講義を行った。アタッシュケースモデルは電力伝送にマイクロ波を用いた場合の安全性と危険性に関する多くの質問に対し答える際非常に役立った。マイクロ波の電力密度を計測し、太陽やハロゲンランプなどの他のエネルギーソースの電力密度と比較した。

2. 13. 2000年9月28 - 30日ブラジルのSão José dos Camposにおける国連/IAFのワークショップ



図20 4人のサンサットカウンシルのメンバーが太陽発電衛星の概念を約28ヶ国 [10] の代表者に紹介するため招かれた。ユネスコに提供したアタッシュケースモデルが会議場のロビーに展示された。写真左から右へ、私、Chief of the UN Office for Outer Space AffairsのPetr Lala博士、NASAのJohn Mankins博士、CSAのBryan Erb博士、神戸大学の賀谷教授である。

2. 14. 2000年10月21 - 29日、フランス、コルシカのFestival du Ventにおける展示



図21 毎年コルシカのCalviでは、約300名の芸術家、スポーツマン、科学者が "Festival of Wind" [11] に集い、それぞれの知識を披露し議論する。アタッシュケースモデルは再生エネルギーの展示の中で中心的な役割を果たし、多くの優れた訪問者に対し絶好の話題を提供した。公開講座が1回、公開討論が1回、地方TV局の5分間の放送もあった。

2. 15. カナダでのプレゼンテーション



図22 カナダではBrian Erb博士が最初のSPS 2000 アタッシュケースモデルを用いて、1999年3月にはSt. John'sのIEEEで講演、1999年6月のモントリオールではElectricity 2000 Conference & Exhibitでの講演（右端にアタッシュケースモデルが写っている）を行っている。2001年1月13 - 14日にはSaskatoonでSpectrum 2001会議が開催され、同様な講演が予定されている。

これまでの多くのデモンストレーションに加え、アタッシュケースモデルはAmerican Society of Civil Engineersの雑誌、the Journal of Aerospace Engineeringの太陽発電衛星特集の記事で紹介される予定となっている [12]。

2000年11月24日には、Energy Supply Securityに関するワークショップがフランスの工業省の主催で開催さ

れ、フランスとヨーロッパ連合から 200 人をこえるエネルギー関係の専門家が集まった。太陽発電衛星は会議のアジェンダには載っていなかったが、太陽発電衛星とユネスコのSPS 2000 アタッシュケースモデルに関する情報は多くの参加者に配布された。本会議では公式に太陽発電衛星を紹介することはできなかったが、休憩時間と昼食時に何人かの高官と話した結果では、太陽発電衛星構想はデシジョンメーカーに充分伝わっており、SPS 2000 の実現が必ずしも夢ではないと思われた。

3. ユネスコのワールドソーラープログラムへのモデルの提供

2000 年の 4 月の始めに開かれたパリでのIAFの国際プログラム委員会の会合の機会に、サンサットカウンシルのBryan Erb博士と他の主要メンバーが、ユネスコのワールドソーラープログラムのリーダーである同会議議長 Boris Berkovski博士の補佐官であるSaleye Yahaya博士と会見した。パリのユネスコ本部のBerkovski博士の事務所で説明のため使用されたアタッシュケースモデルは情報/教育用としてユネスコに公式に引き渡された。これは Berkovski博士及び彼の部下とサンサットカウンシルメンバーの 2 回目の会合の時行われた。ユネスコのワールドソーラー会議は太陽発電衛星や近未来のSPS 2000 のような計画に興味を示している。会見時に議論されたアクションの一つはSPS 2000 計画の実施を討議するための政府レベルの国際会議、特に赤道諸国の会議を組織することであった。



図23 2000年9月28-30日ブラジル宇宙局での国連/IAFワークショップの期間中展示されたユネスコSPS 2000 アタッシュケースモデル(インドネシアのEnvironmental Division of RSAC代表のAgus Hidayat博士とともに)

ワークショップ"Operational Strategy for Sustainable Development using Space"にはいくつかの赤道諸国を含む 28ヶ国以上の代表が参加した。



図24 Sao José dos Campos UN/IAF Workshopで展示されたSPS 2000 アタッシュケースデモンストレーションモデル。このモデルは今後とも企業、学術団体、政府機関に積極的に呼びかけるユネスコのワールドソーラープログラムのために使用される。SPS 2000 アタッシュケースデモンストレーションモデルを使用したい場合はsps2000@grandbassin.netに申込んでいただきたい。

ユネスコのアタッシュケースモデルは2001年の3月14日から17日にベルギーのUniversity of Liegeで予定されている電気と社会に関する国際会議Electralis Campus [13] で使用されることになっている。この会議にはヨーロッパだけでなく世界中の研究機関や企業から研究者が集まる。アタッシュケースモデルの展示に加え、Alain Celeste博士、John Mankins博士、賀谷信幸教授が無線送電と将来の太陽発電衛星構想に関して招待講演を行う予定である。

4. 教育用 "Micro-Company" によるデモンストレーションモデルの製作

SPSアタッシュケースモデルはデジジョンメーカーへのアピールを目指したものであるが、多くの世界の科学博物館などで、SPSの一般的な説明用としても威力を発揮するだろう。潜在的な教育マーケットに対応するため、その本格的な製造について科学機器の製造と販売の専門会社であるフランスの会社ロゴスと交渉した。残念ながらロゴス社の再建問題のため、この社によるSPS 2000のデモモデルの製作は2000年半ばに断念せざるを得なくなった。

しかしながら、2000年3月に日本の学生木俣喜美子と清水和洋がレユニオンに滞在中、Lycée de Trois Bassins and Leading Teacher of the Electronic Technology Department Jean-Marie Vacheronとの大学レベルの契約が成立した。Vacheron氏はSPS 2000のデモモデルに非常に興味を示した。後に "Exposcience" exhibitの機会に、M. Vacheron氏と大学学長Michel Boyerはアタッシュケースモデルを前に打ち合わせを行い、学生教育用の "Micro-Company" がこのモデルの製作を行うことを提案した。Micro-Companyは学生と教師による教育用の器具を製作する特殊な会社である。この会社は通常学年ははじめの9月に設立され、学年終了の6月に役割を終える。この会社の活動は学生のカリキュラムの一部となっている。



図25 the Lycée de Trois Bassins Electronic Laboratoryは回路基板の自動製造装置を持っている。この装置を用いて、CNESとISASの協力で製作されたモデルの電力システム、マイクロ波発生装置、投光器、レクテナアレイをベースとし、新設計のアタッシュケースモデルを教育活動の一環として製造することができる。

2000年12月の始めにmicro-companyの基本的な方針がレユニオンアカデミー長、地域学校システム長、レユニオン大学副学長、Lycée de Trois Bassins理事会により承認された。教官グループは現在2001年9月から2002年6月の学年でのmicro-companyの活動の準備を行っている。Vacheron氏はこのプロジェクトのリーダーになり、彼のスタッフとともにこのモデルの電気部分の大量生産を担当し、micro-companyの活動全体を統括することになっている。彼は現在アタッシュケースモデルの構造部分の製作を担当する学校を探している。大学の商学部の学生がアタッシュケースモデルの市場調査を行い、国際的なセールスを担当する。製造は研究機関からの発注に基づいて行われる。教育学部の学生はアタッシュケースモデルの使用マニュアルを作成することになっている。このビジネスは宇宙太陽発電分野の共同活動により、新たな教育的な効果を生み出すだろう。

5. 謝 辞

SPS 2000 アタッシュケースモデルは今や小さなサクセスストーリーとなりつつある。この成功が将来の太陽発電衛星の実現につながることを望みたい。この成功は熱心な共同研究者全員によるものであり感謝したい。特に CNES の将来計画部門の同僚には様々な困難にも拘わらず支援を受け感謝したい。また FINDS 基金の全ての友人に感謝したい。この基金の Bootstrap 賞により、様々な管理上の問題を乗り越えることができ、アタッシュケースモデルの開発に非常に役立った。またその波及効果として 2001 年 5 月に WPT'01 国際シンポジウム [14] を開催することになっている。最後に、将来の大きな夢のために働いている宇宙研の共同研究者に尊敬の意を示すとともに、その夢の実現に共に参加する機会を与えてくれた人たちに感謝の意を表する。

参 考 文 献 ・ 資 料

- [1] G. Pignolet, K. Kimata, T. Nagakawa :“ SPS-2000 Attaché Case Functional Demonstrator ”, ISAS Research Note RN 697, March 2000
- [2] Web site at <http://www.finds-space.org>
- [3] Web site at <http://www.eseo.fr>
- [4] G. Pignolet :“ The SPS 2000 Attaché Case Demonstrators ”, AP2000 Conference on Antennas and Propagation, Paper P1591, Davos, Switzerland, 9-14 April 2000
- [5] D. Hernandez, J. Cacheux and G. Pignolet :“ La Prospective ”, pp. 23-25, Cnes Qui Se Passe N°102, July 2000, Toulouse Space Center
- [6] G. Pignolet :“ Microwave Beam Power Supply to improve Microgravity Quality Level ”, Spacebound 2000 Conference, Vancouver, Canada, May 14-17, 2000
- [7] G. Pignolet et al. :“ Report on the MGWPTFF (Microgravity WPT Free-Flier) Workshop ”, June 5-6, 2000, Sagami-hara, Japan
- [8] G. Pignolet, N. Babcsan, A. Celeste, N. Kaya, T. Oura, S. Sasaki and M. Sterling :“ Improved Micro-Gravity Levels with Microwave Beam Power ”, V. Zemskov, 51th International Astronautical Congress - 2-6 Oct. 2000, Rio de Janeiro, Brazil - IAF-00-J.2.04
- [9] G. Pignolet, N. Babcsan, A. Celeste, N. Kaya, T. Oura, S. Sasaki, M. Sterling and V. Zemskov :“ Using WPT in Orbit as a Service to Microgravity Research ”, 51st International Astronautical Congress - 2-6 Oct. 2000, Rio de Janeiro, Brazil - IAF-00-R.3.02
- [10] G. Pignolet, J. Mankins, B. Erb and N. Kaya :“ Special Session on Space Solar Power (SSP) ”, UN/IAF Workshop on “ Operational Strategy for Sustainable Development using Space ”, INPE, S_o Jos_ dos Campos, Brazil, 28-30 September 2000
- [11] Web site at <http://www.le-festival-du-vent.com>
- [12] G. Pignolet, A. Celeste, M. Deckard and J.P. Esperet :“ Space Solar Power : Environmental Questions and Future Studies ”, Journal of Aerospace Engineering, guest Editor M. Duke, to be published in April 2001 issue.
- [13] Web site at <http://www.electralis.com>
- [14] Web site at <http://www.grandbassin.net>