

SSC計画の経緯と中止について

2015年1月8日

高エネルギー加速器研究機構 名誉教授

近藤敬比古 (taka.kondo@kek.jp)

[1] SSC計画の成り立ち	2
[2] SSC計画の主な経緯	4
[3] 転機と中止	5
[4] 中止の原因	6
[5] 将来の大型科学計画への教訓	13
付属資料1:参考文献リスト	15
付属資料2:SSC計画のより細かな経緯	16
付属資料3:SSC設計図や中止時点での写真など	19
付属資料4:日本との交渉経過	23

1

[1] SSC (Superconducting Super Collider) 計画の成り立ち

- 周長 87 km, ビームエネルギー 20 TeV の陽子・陽子コライダーで米国テキサス州で完成する予定だった。(次頁のパラメーター表参照)
- 1982年のスノーマスワークショップでSSC計画の案が出された。
- 1983年にHEPAP(註1)がBNL研究所で建設中だったISABELLE計画を中止しSSCをDOE(エネルギー省)に提案した。
- SSC計画が出された主要な理由は、欧州での高エネルギー研究の進展で追い越されたので、米国におけるエネルギーフロンティア研究を復活させるためであった。(HEPAPの答申より)

註1: HEPAP(High Energy Physics Advisory Panel)は連邦政府諮問委員会法に従って設置されている。高エネルギー研究者で構成される諮問委員会でDOEの担当部門に直接答申を行う。

2

SSCとLHC加速器の主要パラメーター

項目	SSC計画	LHC計画
周長	87.12 km	26.7 km(既存のLEPTンネル)
陽子エネルギー	20 TeV	7 TeV
ルミノシティ	$10^{33}/\text{cm}^2/\text{s}$	$10^{34}/\text{cm}^2/\text{s}$
超伝導双極電磁石	8652台(MR) + 432台(HEB)	1232台(2-in-1型)
磁場、口径	6.55 Tesla(4.35K), 5cm	8.33 Tesla(1.9K), 5cm
超伝導四極電磁石	2024台(MR) + 278台(HEB)	392台
入射加速器群	HEB(2TeV),MEB(200GeV)他	PS+SPS(450GeV,既存)
実験装置	SDC, GEM	ATLAS, CMS, ALICE, LHCb
建設期間	1989年～1993年10月(中止)	1997年～2008年
総建設費	\$11B	\$5B(物)+\$5B(CERN人件費)
コスト不足率	$\$11\text{B}/\$5.9\text{B} = 86\%$	18 %
ホストラボの職員数	1943人(中止時点で)	約2500人

3

[2] SSC計画の主な経緯 (詳細は付属資料2にある)

- 1982.6-7 スノーマスワークショップでSSCの骨子案が議論される。
 - 1983.6 HEPAPがISABELLE計画を中止しSSCを提案しDOEが受理。
 - 1984.7 CDG(Central Design Group)が発足し設計とR&Dを開始した。
 - 1986. CDR(Conceptual Design Report)が完成。コストは**\$3B**。
 - 1987.1.29レーガン大統領がSSC計画(**\$4.5B**)を承認。
 - 1989 テキサス州ワクサハッチにSSCLが発足し建設が開始された。
 - 1991.2 加速器基本設計を変更。コストが**\$5.9B**から**\$8.25B**に増加。
 - 1993予算 SSC完成を3年延期。そのため全コストは**\$11B**になった。
 - 1993.6.24 下院でSSC中止案を280:150で可決。上院は否決。
 - 1993.10.21 両院協議会でSSC建設の中止が決定された。
- (註: 中止時点でのSSC建設の様子は付属資料3にある)

4

[3] 転機と中止

- SSCは殆ど成功するところだった。(文献[1])
 1. CDGに優れた人材が集まりM. Tignerの指揮の下でSSCの基本設計に短期間に成功した。DOEとCDGの役割分担がはっきりしていた。
 2. SSCLでの建設作業はスピードで進行した。また外国との交渉が必要なかったために、多くの重要な決定が素早くできた。
- 1990年に連邦政府の財政赤字削減が大問題になった。特に1990年11月にOmnibus Budget Reconciliation Actが実施されてからは、どの分野でもゼロサムゲームが始まった(文献[3])。
- SSC建設の全体コストは
1989年: **\$5.9B** → 1991年:**\$8.25B** → 1993年:**\$11B**
と大幅に増大したため、財政赤字削減の恰好の対象になってしまい連邦議会で中止が決定された。(文献[1-3])

5

[4] 計画中止の原因

(a) 主要原因その1 建設場所の選定

テキサスというgreen site(まっさらな地)を選んだのが間違いであった。既存の施設を利用できないため、多くの予期しないコストが必要になった。とりわけ科学者をゼロから集めなくてはならなかった。一流の技術者を集めることの重要性の認識に欠けていた。途中で建設費の不足が発生しても、既存研究所なら吸収できたはず。Fermilabの将来計画としてのSSCならば、連邦議会でのバトルも軽減でき簡単にはつぶせなかったはずである。一時的な連邦議会での否決も既存ラボならば数年後に回復できる可能性もあった。(文献[1])

6

(b) 主要原因その2 SSCLの経営とCDG→SSCLの移行での数々のミス ([1])

- a. 経営母体にSverdrupとEG&Gの2つの会社を含めたことで高エネルギー物理分野の伝統・手法と大きく違ってしまった。このDOEの方針の背後にはSSC建設は物理学者には大きすぎるというDOEの不信感があった。DOEは海軍関係者チーム200名相当をSSCLの現地に送り込んでマイクロマネジメントを行った。
- b. 所長選考を秘密裏に拙速に選んでしまったため、米国内の高エネルギー物理分野で多くの怒りや反発を引き起こした。
- c. 多くの優秀な人材がSSCLでの採用を辞退した。
- d. 貴重な宝庫であったCDGの成果を過小評価して進んでしまった。採用する人材はCDG組織をベースにすべきであった。SSCL所長のR. SchwittersとCDGのM. Tigner の間のビジョンの相違に関して上部委員会のURA/BOOはその解決に強く動くべきだった。

7

(c) 主要原因その3 加速器の基本設計変更 (文献[1])

	CDR	Site-Specific CDR
ダイポールの口径	4 cm	5 cm
HEBのエネルギー	1 TeV	2 TeV
MEBのエネルギー	100 GeV	200 GeV
主リングの周長	82.944km	87.12 km

設計変更は、ビームに対する非線形効果が計算しきれなかった不安と、テバトロンとHERAの超伝導マグネットで入射エネルギーでの残留磁場が不安定であることが観測されて、設計が保守的になったため生じた。

DOEはHEPAPに2つのサブパネルを設置して17TeVエネルギー縮小案を物理・技術両面で検討させたが、最終的には20TeVに決定した。

この変更に伴うコスト増加がプロジェクト全体を破滅に追い込む可能性を殆ど誰も予想しなかった。コスト増加は建設期間の延長を引き起こし、その延長が全体コストの増加をさらに誘起する事態に陥った。

8

(d) 間接原因その1 ナショナルプロジェクト VS 国際協力 (殆どが文献[1])

- SSC中止に関する論評の殆どが国際協力がなかった事が主原因と主張している(例: *Nature* 365, 771 (1993))。しかしそうではないとWojcickiは主張。
- SSCは米国のナショナルプロジェクトとしたので、非常に早く立ち上げることが出来た(発案からCDGの発足まで2年足らず)。SSCは米国の科学技術を進歩させ、若い世代を刺激し、米国とその企業のハイテク技術の進歩に役立つものとして受けとられた。
- 1988.3.30のレーガン大統領による声明
SSC is a doorway to new world of
quantum change and quantum progress.
- 欧州との協力はLHC計画の存在のため絶望的だった。
- インドは\$50M相当のin-kind協力を合意。韓国・ロシアとは合同ワーキンググループを作った。ロシアによる協力は1993年に合意された。
- 日本とは主要人物が数多く訪問し、最後は大統領・首相レベルまで上がった。\$1Bレベルの強力目標で1992年に日米ワーキンググループが作られた。(付属資料4参照)



9

- 外国によるin-kind貢献に対して米国内でかなりの反対が起こった。SSCの強力支持者であるB. Johnston上院議員は「SSCは純粹のナショナルプロジェクトである」と表明。連邦政府監査院(GAO)も「外国の供給は米国の経済に役立たない」。関与した企業のいくつかは「国際協力は外国企業がハイテク契約のかなりの部分を奪う」との懸念を表明した。
- 建設場所や研究所組織の決定や財源の確保において、複雑な国際交渉が必要なかった。国際協力を前提としていたらそれらに長い年月が必要で一致に至らなかったかもしれない。SSCが受けた多くの支持は米国のナショナルプロジェクトだったからである。
- HERA型モデル(in-kind)で日本の協力は得られたかもしれないが(実際、日本とは殆ど実現しそうだった)、経営の複雑化の効果も含めたら高々10-15%程度の節約にならず、緊縮財政をモットーにした反対議員達の説得するには小さすぎた。
- 国際協力が無いためにSSCが中止されたというのは、中止の理由でなく、反対派の単なる言い訳でしかない、とS. Wojcickiは思っている。

10

(e) 間接原因その2 連邦議会との確執と政治的な不運 (文献[1,2,3])

- SSCサイトの誘致合戦でSSC計画への関心度が高まった。しかし一旦サイトが決まると、他の州からの議員の殆どが反対にまわった。とりわけNY州のS. Boehlert下院議員が強硬で執念深いSSCの敵になった。
- 巨額な財政赤字(\$200B相当)のため1992年に新しく多くの新米議員が財政健全化を主張して当選した。1994年度のSSC予算(\$640M)は財政赤字の0.3%にしかなかったが、SSC予算に反対することは「いい響き」と思われた。
- SSC予算は、十分にビジブルな大きさと、宇宙ステーションのように大きすぎず手ごろなスケープゴートであった。
- 実は宇宙ステーションの方がもっと深刻な経営問題とはるかに大きいコスト超過を出していた。しかし宇宙ステーション計画は企業の参加がより広範囲で強くロビー活動も格段に強かった。またカナダ・欧州・日本との協力協定がすでに存在していた。SSC予算を否決した翌日に下院は宇宙ステーション予算を216:215の一票差で可決した。
- マスコミも1980年代と打って変わってSSC悪者扱いに終始した。

11

(f) 間接原因その3 高エネルギー物理分野と物性物理分野との対立

- SSCの提案時点ではHEPAPの答申で以下の事が書かれていた:
 - 他の学問分野にネガティブな影響が出ることを望まない。
 - SSC建設期間中は高エネルギー一年間予算を2倍にする必要がある。
- 1990年にオムニバス予算調整法が執行されてから予算のゼロサムゲームが始まり、そのためSSCは物理学分野内でも深刻な対立の的となった。
- 高エネルギー物理とSSCの効用を社会全体に対して誇大宣伝しすぎて反発を招きSSC敵対者にスキを与えた。「MRIは高エネルギー加速器が発展させた」「高エネルギーか超伝導を発展させた」などの発言がP. Andersonら物性物理学者たちの反発を招いた。議会公聴会にも招かれて証言している。(文献[3])
- 米国の高エネルギー分野は一致してSSCを断固支持すべきだった。短期のいろいろなプログラムをも犠牲にする覚悟が必要だった。(文献[1])
- 他分野の科学者も近視眼的すぎたのではないか。科学全体に及ぼす長期的視野を考え科学の専門者としての責任を持つべきだった。(文献[1])

12

[5] 将来の大型科学計画への教訓（文献[1]より）

- SSCの経験から、米国が重要な役割を担う新しい大型研究プロジェクトが実現するには、以下の条件が満たされなければならない：
 - [1] 米国社会が基礎科学の価値を認識すること。この認識は、多くの雇用が生まれるとか、明日の生活を改善する、などという表面的なものであってはならない。
 - [2] 赤字は明確に抑制されること。大きな赤字はプロジェクトの反対者による破滅させられる。
 - [3] 予算年次計画が十分練られていて、いったんスタートしたら当初のスケジュールで進めること。会計年度毎の予算承認を回避できること。
- 新しい研究所をまっさらの地に起こすことは想像以上に難しかった。既存研究所のフレームの中で進めることが格段に望ましい。
- 全体コストとスケジュール、技術達成度、社会への利益、などの関しての過剰なオプティミズムは大変な害となりうる。

13

- 計画の最初からコスト評価には慎重（保守的）であるべきだ。コスト見積りのルールが明確でかつ現行の財政ルールに合致したものでなくてはならない。
- プロジェクトの反対者に対して、たとえそれが事実からほど遠い攻撃でも、迅速に対処できる準備をしておくことが必要だ。
- 現在では大型の科学計画は国際協力であることが常識である。国際協力は大変複雑なのでホスト国にとっては大変なチャレンジとなることを立案段階から認識しておくべきである。
- 前頁の3前提条件が満たされた上で考えられる国際協力モデルは
 - モデル1:** 米国がサイトで米国がリードする修正HERAモデル型：立案段階から国際的に行い、インフォーマルな建設決定をまず行い、他国の参加を交渉する。（しかし米国は信用を失ったので難しい。）
 - モデル2:** ITER型：まっさらな地に国際研究所を作る。交渉に少なくとも10年はかかると思われる。
 - モデル3:** CERNに参加する。この場合米国は研究所経営には役割を果たせないで、連邦議会の承認を得るのは難しいと思われる。

以上 14

付属資料1: 参考文献リスト

- [1] S. Wojcicki (当事者による優れたレビュー、引用文献数は350)
(a) The Supercollider: The Pre-Texas Days, RAST 1 (2008) 259-302
<http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S1793626808000113>
(b) The Supercollider: The Texas Days, RAST 2 (2009) 265-301
<http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S1793626809000247>
- [2] M. Riordan, Physics in Perspective 2 (4), 411-425
The Demise of the Superconducting Super Collider
http://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=kA6-r9cAAAAJ&citation_for_view=kA6-r9cAAAAJ:YOwf2qJgpHMC
- [3] D. J. Kevles, Engineering and Science, Winter 1995
Good-bye to the SSC: On the Life and Death of the Superconducting Super Collider, <http://calteches.library.caltech.edu/3787/1/Kevles.pdf>
- [4] L. Hoddeson and A. Kolb, Minerva 38, 271 (2000)
The Superconducting Super Collider's frontier outpost, 1983-1988,
<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1026569616118>

付属資料2: SSC計画のより細かな経緯

- 1982.6-7 スノーマスワークショップ(3 weeks)でSSCの骨子案が議論される。
- 1983.6 HEPAP(註1)がISABELLE計画を中止しSSCを提案しDOEが受理。
- 1983.9-84.4 7か所でSSCの物理検討会(PSSC)を順次開催した。
- 1983.11 RDS(Reference Design Study, M. Tigner, \$19.5M)活動を開始した。
- 1984.5.8 RDS報告書(441 pages)をDOEに提出。全計画を**\$3B**, 6年と概算。
- 1984.6.23 スノーマスワークショップ84(3 weeks)に250名が参加。
- 1984.7 CDG(Central Design Group)がLBLに設置された。所長はMaurry Tigner。専属40名+短期滞在250名で加速器設計とR&Dを開始した。
- 1984.10-85.7 マグネット口径のタスクフォース(chair: A. Chao)を設置。
- 1984.11 マグネット口径ワークショップを開催しマグネット口径を4cmに決定。
- 1985.7.1-2 マグネット技術レビューパネル(chair: Alvin Tollestrup)
- 1985.9.18 マグネット形選別評価委員会(Frank Scullli)が高磁場形式を選定。
- 1986.3 CDR(Conceptual Design Report)を完成
- 1986.5 Templeレビュー報告でCDRのコスト評価(**\$3.0B**)を妥当と判断した。

1986.6-7	スノーマスワークショップ86(3 weeks)
1987.1.29	レーガン大統領がSSC計画(\$4.5B)を承認
1987.4.1	DOEが建設地提案の招待を公表(締切1987.9.2)
1987.10.19	暗黒の月曜日で株が23%下落
1987.12	建設候補地を8州に絞った。NY州が2週間後に辞退
1988.3	大統領予算教書に\$363MのSSC建設費を計上
1988.3.30	レーガン大統領がローズ・ガーデンで「SSC is a doorway to new world of quantum change and quantum progress」と表明
1988.6-7	スノーマスワークショップ88(3 weeks)
1988.8	DOEがSSCの経営入札RFP(request of proposal)を公表
1988.8.28	URA(研究大学連合)がRoy SchwittersをSSCL所長に選ぶ(部外秘)
1988.10	Congress Budget OfficeがRisks and Benefits of SSCの批判文書を公表
1988.11.4	URAが経営提案書を提出
1988.11.10	SSC建設地をテキサス州ワクサハッチに決定したと発表
1989予算	SSC計画案(\$5.9B)を連邦議会下院が賛成330:反対93で承認
1989	SSCLabが発足した。
1990予算	連邦議会下院がSSC1990予算を賛成309:反対109で承認。 ただしコストの1/3を他から調達する付帯条件付き。

17

1990.11.5	赤字削減のためのOmnibus Budget Reconciliation Actが実施された。
1991.2	加速器の基本設計を変更。コストが \$5.9B から \$8.25B に増加した。
1991予算	連邦議会下院が賛成251:反対165、上院は賛成62:反対37で承認
1992.6.17	連邦議会下院がSSC中止議案を賛成232:反対181で可決。
1992.8	上院とその後の上下院協議会でもSSC継続を決定。
1993予算	SSC完成を3年延期する案を提出。そのため全コストは \$11B になった。
1993.6.24	連邦議会下院のBoehlert・Slattery両議員がSSC計画の完全廃棄案を提出し賛成280:反対150で可決。(翌日下院は宇宙ステーション予算を賛成216:反対215で可決。)
1993.8	B. Johnson上院議員が強力なSSC存続の根回し工作を行う。
1993.9.30	上院はSSC廃止案を賛成42:反対57で否決し\$640Mを可決。両院協議会でもSSC予算を可決。
1993.10.19	下院でSSC中止のSlattery案が賛成282:反対143で可決される。
1993.10.21	両院協議会で\$640MをSSC閉鎖に使うことを決定。
1993-1995	職員1943名の解雇を行い、計\$736Mを支出してSSCL閉鎖作業を完了。
1994.5	HEPAPのDrellサブパネルがLHC計画への米国の参加を推薦した。
1997.12	ホワイトハウスでDOE長官とCERNが米国のLHC参加合意書に署名。

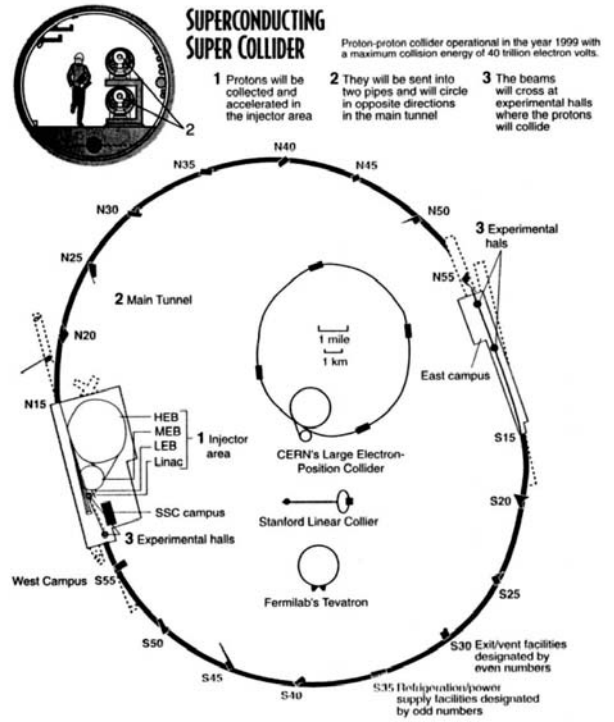
18

付属資料3:SSC設計図や中止時点での写真など

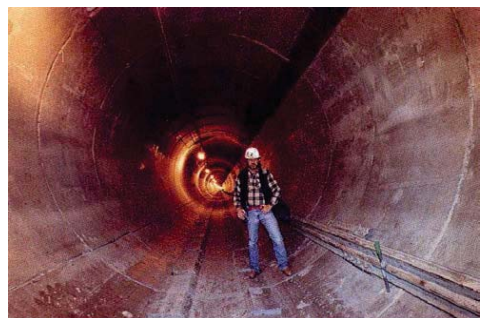
ダラス市



ワクサハッチ



19



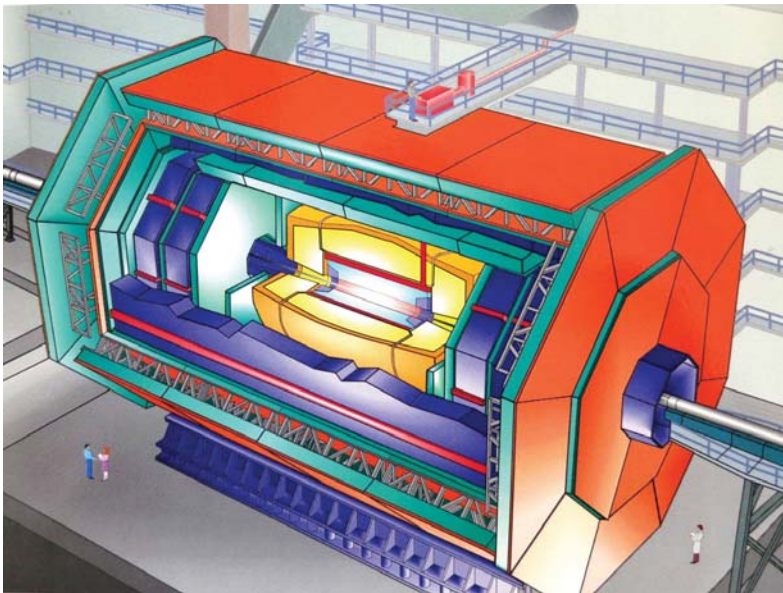
中止時点では主トンネルの27%にあたる23.7kmの掘削が終わっていた。
(ちなみに掘削スピードの140m/dayは世界記録と言われた。)

20



施設の建設は順調だった。Linac用トンネル・建物は完成した。H-ionを2.5MeVまで加速した。600MeV Linacは1995.4に運転する予定だった。

超伝導マグネットの技術開発は終わり半セル(5 dipoles+quad)励磁テスト成功。General DynamicsとWestinghouseが500台の製造を開始するところだった。 21



SDC実験チーム

参加国 15ヶ国
参加研究者数 約1000名

1992年4月1日にTDR
(技術設計報告書)を提出

SDCグループへの参加国名
米・日・伊・加・中・
チェコスロバキア・ルーマニア・
露・ベラルーシ・英・仏・
ブルガリア・タシケント・
グルジア・イスラエル



1993年5月SDCグループ会合@KEK

付属資料4： 日本との国際協力交渉経過（文献[1]）

- 日本に関しては1990に海部政権と交渉し「1年待ってくれ」と言われた。その後の水面下の交渉で\$1Bレベルの協力案が検討された。日本政府側はトップレベルの要請が必要であると主張した。Will Happer (DOE), Roy Schwitters SSCL所長, Steve Weinberg, Jerry Friedmanチーム、またAllan Bromley大統領科学補佐官が訪日。Watkins DOE長官も訪日しSSCでの“true partnership”を提案し、当時問題だった日本の大学改革への協力支援も提案した。
- 1992年1月のBush-宮沢会談で正式合意する段取りになっていたが、ホワイトハウスが貿易摩擦問題を優先してSSCを議題から除いた。しかし日米ワーキンググループが発足した。
- 1992年末まで合意するはずだったが、1992年夏の下院の否決で合意形成が遅れた。
- 当時SSCの建設関係の契約はどんどん進み、日本との合意形成が遅れるほど日本は参加しにくくなった。
- ちなみに日本との交渉は複雑で難しい。