

## 会議報告

## ワークショップ SAD2006 開催報告

鎌田 進\*

## Reports on the Workshop SAD 2006

Susumu KAMADA\*

KEKB を始めとして高エネルギー加速器研究機構 (KEK) で稼働中の多くの加速器では、加速器設計や加速器性能の評価、そしてビーム運転のために、戦略的加速器設計コード SAD (Strategic Accelerator Design) を使用している。SAD コードは今年で生誕 20 年を迎えたがこの節目にあたり、2006 年 9 月 5, 6, 7 日の 3 日間、KEK において「ワークショップ SAD2006」が開催された。本稿は、このワークショップ開催の背景と経緯そしてワークショップの内容、さらにワークショップ後の SAD 開発の動向についての私見を交えた報告である。

## 1. ワークショップ開催の背景と経緯

SAD コード開発<sup>\*1</sup>の現場は大雑把に言って 3 層の構造から成る。まず第 1 に、少数の開発者達による、コード枢要部の極めて精力的でハイレベルな構築である。次に来るのは、加速器計画や研究者の目的に応じた、特定機能を付加する開発作業である。この作業は、SAD が提供する Mathematica 仕様の SAD-Script インタープリター言語を始め、SAD に組み込まれた EPICS チャンネル・アクセス、Python/Tkinter、Tcl/Tk インタープリター、そしてこれらを SAD-Script 言語から使用するためのライブラリー SAD/Tkinter によって大いに支援されている。そして第 3 層は、SAD を使った加速器設計やシミュレーションを行う研究者、そして制御システムに SAD を採用した加速器運転現場の研究者から寄せられる SAD コードへの改良要求に答えたコード開発である。このよう

なコード開発体制によって、ビームに課された厳しい課題と格闘する研究者の活動が道具である SAD コードの機能に反映され、コード自身の成長を促してきたといえる。SAD を利用するこの他の方法として、研究者の独自開発コードを SAD と連携させることもある。これは現実的加速器パラメーターの下で、ビームシミュレーションや軌道解析を進める上で有効な手立てである。例えば、ビーム・ビーム相互作用を独自コードで処理し、他の加速器機器の効果を SAD で追跡する。空間電荷効果やスピン偏極などでも同様な使用法が行われている。一旦このアプローチで確立した方法については、当該コードをライブラリーとして SAD コードに組み込む場合もある。

TRISTAN, ATF, KEKB, PF-AR など既にビーム運転実績を有する加速器の設計に用いられている事、またこれら加速器の日常のビーム運転の礎となっている事、さらに多くの加速器研究者が SAD コードを使用した研究論文を発表している事などの理由から、SAD コードへの国内外からの関心は高く、KEK という一研究機関の枠を越えて、ソースコードをダウンロードして使用したいという要望が多く寄せられている。その一方、KEK 内部での直接的で親密なコミュニケーションに依存して開発や利用が展開してきた経緯もあり、マニュアル類の整備が充分なされていないという深刻な問題も抱えている。このため、ダウンロードされたソースコードのその後の利用状況に関して、直接連絡のあるもの以外は、かなり覚束ないのが実情である。さらにより重要な問題として、コード開発に着手して以来 20 年を経て、計算機ハードウェアやソフトウェアを取り巻く環境の変貌も大きく、当初の開発者の生理年齢や研究者としての社会的立場にも変化の兆しが見られる中、次世代へのコード開発作業

\*1 最近の SAD コードの開発研究は、平成 16 年度採択科学研究費基盤研究 (C)「加速器設計・ビーム運転・ビーム物理学のための総合計算コード SAD の開発 (研究代表者: 小磯晴代)」により支援されている。

\* 高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設  
Accelerator Laboratory, KEK, High Energy Accelerator Research Organization  
(E-mai: susumu.kamada@kek.jp)

の継承も大きな課題と認識されている。

以上の背景の下に、コード開発者、ユーザー研究者、関連分野の研究者が一堂に会する場として「ワークショップ SAD2006」が企画されるに至った。ワークショップ開催に向け、2006年2月上旬にSAD2006組織委員会（メンバー：生出勝宣、大西幸喜、鎌田進（委員長）、小磯晴代、多和田正文、原田健太郎、古川和朗、森田昭夫）が結成され、4月下旬には下記の第1サーキュラーが関連する研究者にメールで発送された。

「1998年に開催された第一回SAD Workshopより8年の歳月を経て、このたびWorkshop SAD2006を開催する運びとなりました。この間、設計、シミュレーションそしてビーム運転用の汎用加速器コードSADは、KEKBやILCなど、いくつかの加速器プロジェクトにおいて利用・開発が進んできました。今回、皆様のSAD利用経験の交流を図り、解決すべき問題について議論を深め、今後の発展に向けた模索を行いたいと思います。特に、世代や地域を越えたコード開発を可能にするため、計算機科学的側面の議論も行いたいと考えています。ご関心を持たれる方は、下記に示すワークショップの概要案内に従い、奮って参加登録をされるようお願いいたします。

内容：

### 1. SADの利用と問題

様々な加速器現場におけるSAD利用の状況と今後解決すべき問題について議論します。色々な加速器において、各様の使用例についての報告を期待しています。

### 2. SADの物理

SADコードに組み込まれた、また今後取り入れられるべき物理的な内容を議論します。これからの加速器やビーム物理の展望を語る場になる事を期待しています。

### 3. SADの計算機科学

これからのSAD開発に向けて避けることの出来ない課題、すなわち、言語、ライセンス、ポータビリティ、保守性、ドキュメンテーション整備など、広い意味の計算機科学的側面から議論します。この中には、著作権やライセンスなど、社会的側面も含まれています。」

## 2. ワークショップの内容

実際に開催されたワークショップにおけるプログラム内容は下表のようになった。

9月5日		
13:25-13:30	生出 勝宣	開会挨拶
13:30-14:00	大西 幸喜	ILC ダンピングリングのダイナミックアパーチャサーベイ
14:00-14:30	原田健太郎	PF制御系とシミュレーション
14:30-15:00	森田 昭夫	KEKBにおけるSADアプリケーション
15:00-15:30	宮島 司	PFのマシンスタディとSADによるシミュレーション
16:00-16:30	清水 純	SPRING-8の加速器計算コード
16:30-17:00	Molodjentssev Alexander	Study of the space charge effects for J-PARC Main Ring
17:00-17:30	中村 剛	SPRING-8でのビーム不安定性シミュレーション
	懇親会	
9月6日		
09:00-09:30	吉本 伸一	色々なOSへのSADのporting
09:30-10:00	森田 昭夫	LL (Lightweight Language) としてのSAD
10:00-10:30	佐甲 博之	JAVAによるSADインタープリタの開発について
10:30-11:00	古川 和朗	空間電荷効果を含むビーム・エンベロープシミュレーション
11:00-11:30	大見 和史	Chaos and emittance growth
11:30-12:00	生出 勝宣	Why SAD?
13:30-14:00	島田 美帆	SADを使ったERL TEST FACILITYのデザイン
14:00-14:30	吉田 亮	PICコードによるプラズマシミュレーション事始め
14:30-15:00	Forest Etienne	MAD-X project: Accelerator Classes or Types
15:00-15:30	原田 寛之	SADとEPICSを使った仮想加速器
16:00-16:30	小磯 晴代	KEKB OpticsとSAD
16:30-16:50	多和田正文	SAD Wikiの紹介
16:50-17:10	鎌田 進	SADの利用実態
17:10-17:30	深田 恭平	広大ビーム研におけるこれまでのSADの利用例
17:30-17:50	金田健一広	大ビーム研における今後のSAD利用例
9月7日		
09:00-09:30	原田健太郎	ERL計画
09:30-10:00	富澤 正人	J-PARC加速器におけるビームシミュレーション
10:00-10:30	久保 浄	ILC設計に必要な計算機コード
10:30-11:00	大西 幸喜	SuperKEKB計画
11:15-12:00	(司会 鎌田 進)	総合討論「SADに未来はあるか？」

上表中の各講演で使用されたスライドの多くは、下記ワークショップホームページからダウンロードできる。 <http://acc-physics.kek.jp/SAD/SAD2006/index.html>

ワークショップの正規参加登録者は約 40 名であったが、KEK を中心に登録外出席者も多かったようである。様々な種類の講演を聴くことができたが、ここでその個々について紹介することは出来ないの、ぜひ興味を感じる講演のファイルをダウンロードして読んでいただきたい。その中から、記憶に残っている幾つかの印象に触れてみる。

実際の加速器において SAD コードが役に立っている代表例として、KEKB ではビームによる加速器機器診断法 (BBA: Beam Based Alignment) が大幅に採用され、連続閉軌道補正 (CCC) やビーム・ビーム効果補償用軌道フィードバックシステム (iBump) など、SAD を使ってビーム物理計算と機器操作を直結させている。ビーム物理学的視点からは、今後 SAD が備えるべき機能として、コヒーレント放射効果、ビーム不安定性や空間電荷効果の取り込みなどが示唆されている。計算機科学的観点から、プラットフォームとなる CPU や OS にできるだけ依存しない方法、様々な人達のコードへの貢献が可能になる方法、地理的に離れた人でもコードを使いこなせるようになる方法、などについてアプローチが示された。SAD コードの役割は、加速器計画の進展に伴って基本設計から補正方式開発、誤差解析やビームシミュレーションそして加速器運転でビーム性能を引き出すまで、時間的に変遷して行く。これは SAD コード開発の歴史にも重なるが、今後引き継ぐべき SAD の役割をどのように認識するかという問いかけもあった。大学の研究室において、加速器教育やビーム物理研究のために SAD を活用している事例も紹介されている。

最終日の講演は SAD の将来を見据えたものであった。目前にビーム運転を控えた加速器から 10 年単位の将来に予定される加速器まで、これからビーム運転が始まろうとする加速器で期待される計算コードの役割をレビューした。J-PARC (大強度陽子加速器計画)、ERL (エネルギー回収型線形加速器光源計画)、ILC (国際リニアコライダー計画)、SuperKEKB (現 KEKB のルミノシティ増強計画) について講演を聴いた。これらの講演を踏まえたワークショップの締めとして、最後に総合討論の時間が設けられ、この中で将来に繋がる具体的な動きが示されている。すなわち、今までの SAD 開発を主導してきた生田勝宣氏から、現在本流とされている SAD コード “Main

Trunk” から、計算科学的見地からより正統的なコーディングを施されていると目される “amorita branch” への移行が提案された。この趣旨は計算科学的により正統的なコーディングに移行することで、コードの保守性や移植性を高め、今後の開発を促進する点にある。具体的作業には、現に KEKB 運転で使用中のコードを全面的に入れ替えるという大胆な内容を含む提案である。

SAD 講習会の必要性については本ワークショップの企画段階でも話題となったが、具体的な開催要望が現れなかったことやマンパワーの見地から、SAD-WiKi の開設をもってそれに代えるとしてワークショップとの同時開催は見送られた。しかしワークショップを通じて講習会の必要性が訴えられ、SAD 関係者からも今後具体的な要望に応じた講習会の企画を考えたという意向が述べられた。

### 3. ワorkshop後の動向

ワークショップ開催の主要動機の一つがユーザーとコード開発者との間にダイナミックなコミュニケーションの場を作ることであり、この趣旨に添ってワークショップ準備期間中から既に SADWiKi が開設されている。ここに、コード開発者、熟練ユーザー、初心者ユーザーなど幅広い立場の SAD 関係者が参加することで、実質的なマニュアル整備、使用法の「こつ」の伝授などを通じて SAD コード開発に関わる認識を共有し、今後のコード開発を展望した意見交換を行う場が成立することが期待される。SADWiKi へは下記の SAD ホームページからリンクが張られている。 <http://acc-physics.kek.jp/SAD/sad.html>

ワークショップ後の重要な動きとして、ワークショップ総合討論の中で生田氏が示した判断に従い、SAD ホームページからダウンロードされるソースコードが、従来の “Main Trunk” から、森田昭夫氏により大幅に書き換えられた “amorita branch” に置き換えられた。これとほぼ同時期に KEKB の運転に使用されるコードも “amorita branch” に置き換えられたが、幸い大きな問題も発生せず順調に機能している。

Intel Mac での SAD コード使用については、ワークショップにおいて吉本伸一氏が報告したところであるが、若干の曲折の末、現在では KEKB 運転においても Dual Core Intel Xeon を使った Mac Pro が SAD 計算機サーバーとして運用されるようになっている。

この秋から、KEK と日本原子力機構の共同プロジェクト J-PARC では段階を追ってビーム運転が開始

されている。SAD コードは設計段階から重要なツールとして使用されてきたが、ビーム稼働に向けて加速器制御システムに様々な形で取り込まれており、今後 J-PARC でもビーム調整作業と一体化したコード開発が進行すると期待される。

この原稿のメ切り日である 11 月末現在、中国高能物理研究所の BEPCII ではビームコミッショニングが佳境に入っている。これはタウチャームファクトリーと呼ばれる種類の、高エネルギー物理用の高ルミノシティー電子・陽電子衝突を行う加速器である。この加速器制御システムにも SAD コードが組み込まれており、ビーム蓄積ができるようになった今、SAD を使ったビーム軌道補正について、中国側スタッフと

KEK の SAD 専門家との間で問い合わせや回答が行き交っている。

このように活動の拡がりを大きくしている SAD の輪であるが、将来に渡って加速器コードとしての信頼性や有用性そして汎用性をレベルを高く保持しながら、利用者参加型のコード開発を続け計算コードの生命力を維持するには、利用者と開発者の両者が今後の局面に応じて様々な創意工夫を重ねてゆくことが必須であり、それを可能にする環境の醸成を如何に行うかが課題である。

最後に、本ワークショップ実現のため尽力された多くの方々に、一人一人のお名前を挙げることは出来ないが、心より感謝の意を表して筆を擱くことにする。