

January 2011 NO. 1

1

Torrent

CMSIとは?

CMSI若手座談会

CMSIカレンダー

拠点リーダーからの
メッセージ

CMSIの研究課題

基礎科学の
源流から物質機能と
エネルギー変換を
操る奔流へ



CMSI若手座談会

計算物質科学を育てよう



藤堂(司会) 本日は、計算物質科学の各分野で活躍中の若手4名の方々に集っていただきました。それぞれの分野における計算機教育、ソフトウェアの開発や公開の現状と課題、さらには今後のCMSIへの期待について、率直に語っていただければと思います。

まずは自己紹介から行きましょう。

宇田川 東京大学大学院理学系研究科 物理学専攻を修了し、専門は強相関電子系のモデル計算です。新奇な協力現象や秩序現象を探るのが基本的な課題で、幾何学的フラストレーションが強い物質では、電子が自由電子の数百倍の質量をもって動くように見えることがありますが、その発現機構に興味をもっています。物性研究所(物性研)のスパコンのハードユーザーです。

大庭 名古屋大学理学部物理学科出身で、豊田中央研究所(豊田中研)に勤務しています。トヨタグループの基礎研究を担当する研究所です。デバイスシミュレーション、強誘電体や水素

貯蔵材料の第一原理計算、現在はリチウムイオン電池のための計算手法の開発に取り組んでいます。名古屋工大博士課程3年生でもあります。

佐藤 北海道大学大学院工学研究科 材料科



藤堂眞治
どうしんじ
CMSI広報小委員会代表
東京大学大学院工学系研究科
物理工学専攻講師

学専攻に在学中です。合金中の原子拡散がテーマです。鉄とアルミは温めると原子が勝手に動いて混じりますが、どのように動いて混じるのかを計算しています。モンテカルロ法を使うことが多いですね。計算機はPCクラスターが主ですが、大きい計算機も使ってみたい。

石村 京都大学大学院合成生物化学専攻を終えてから分子科学研究所(分子研)、豊田中研を経て、現在神戸大学の助教です。やっているのは量子化学計算。分子の電子状態の計算で、その高速化と並列化のアルゴリズム開発とプログラム開発をしています。特に今までできなかったナノサイズの分子を扱いたい。豊田中研では、2000コアで量子化学計算のプログラムをつくって実証していました。

ソフトは自作、プログラミングは自学自習

藤堂 皆さんどんなソフトを?

宇田川 シミュレーションソフトは基本的に自分

で書きます。

佐藤 私も自分で書いていますが、市販パッケージのMDを使う人もいます。

常行 大学では学生にソフトを書かせるのも教育の一環ですが、企業ではどうですか。使える市販ソフトがあればすぐ使いますか。

大庭 主に社内で開発されたプログラムを使います。市販ソフトの利用は値段によります。使うときは自分で付け加えて発展させています。

藤堂 企業ではまとまったプログラミング教育をしていますか。

大庭 まったくしません。研究チームで標準的に使われているものや先輩がつくったものを使います。みんな独学です。そのため部門ごとにプログラムが違うこともあります。

藤堂 最近は、研究室に入る時点でシミュレーションに使える言語を学んでいない学生が多くなっているように感じますが。

石村 京大ではFortranの授業があって、研究

室に配属されるときにはFortranはできることになっています。神戸大では学部はC言語、研究室に入った学生にはFortranを勉強してもらいます。並列化や高速化についてもC言語



常行真司
つねゆきしんじ
CMSI統括責任者
東京大学物性研究所
大学院理学系研究科教授

とFortranの両方のソースを用意して、自分でプログラムを書いてもらいます。

宇田川 物性物理の分野でもC言語とFortranが混在していて、私の研究室ではボスと私で言語が違います。

佐藤 学部の計算機演習でFortranをやります。研究室では教授はFortran、助教はC言語、私はC言語とバラバラ。プログラミングはマンツーマンで先生から教わりました。

藤堂 大学院に入って誰に指導を受けるかで言語も決まってしまうわけですね。

常行 計算理論の教育を受けたことは?

大庭 ないですね。個人的な勉強会などで学びました。入社した当初は流体チームと同じ研究室におり、対角化の理論や誤差について勉強している人がいたので、耳学問で覚ええました。

藤堂 もう少しシステマティックに教育が行われていると思っていたのに、裏切られたなあ(笑)。

常行 並列化はどうやって勉強しましたか。

CMSIとは?

CMSI: 計算物質科学イニシアティブ (Computational Materials Science Initiative) は「次世代スーパーコンピュータ戦略プログラム」の分野2<新物質・エネルギー創成>(平成22~27年度)として、2010年9月27日にスタートした

研究ネットワークです。

東京大学物性研究所、自然科学研究機構分子科学研究所、東北大学金属材料研究所の3戦略機関(拠点)に、11の協力機関が加わって運営にあたり、計算物質科学に関心のある大学・研究機関、企業などに参加を呼びかけて、開かれたコミュニティをつくりあげます。

CMSIの目標は、基礎科学の源流から物質機能とエネルギー変換を操る奔流(Torrent)に拡大・深化することです。物性科学・分子科学・材料科学それぞれの学問領域を融合させ、分野の壁を越えた新しい科学「計算物質科学」を切り拓いていきます。計算物質科学を担う人材の育成も大きな目標のひとつです。

「次世代スーパーコンピュータ戦略プログラム」
分野2<新物質・エネルギー創成>

計算物質科学イニシアティブ



Computational Materials Science Initiative



石村 独学です。神戸大学では今年度から授業を始めたところですが、入門レベルでスパコンレベルではありません。修士の学生に対してPCクラスターで書けるよという趣旨です。

藤堂 私の場合、並列化は物性研スパコンセンターの講習会で学びました。当時は並列計算機というスパコンしかなかったのです。

そういう講習会を受けたことは？

全員 やっていると思うけれど、受けたことはな



宇田川将文

うだがわ まさふみ
東京大学大学院工学系研究科
物理学専攻助教

いです。

藤堂 すると、みんな完全に独学？

全員 そうです。(笑)

佐藤 独学って、必要になったときにすぐに勉強を始めることができるから便利なんです。

大庭 どうやって勉強したかという、近くの人や詳しい人に聞いての自学自習です。Webで調べて、そのプログラムを必要に応じて自分で変えたりもしています。

藤堂 大学院生に並列計算をやらせようというときには、Webで調べてやらせようというほうがいい

のかな。ネット上のリソースをまとめたものがあると便利ですね。

石村 研究室はまだ若い人だけなので、下級生を上級生が教えるようなシステムをつくるつもりです。

常行 大学全体でカリキュラムを整備する動きはありますか。

石村 少しずつ授業が始まっていて、だんだん充実すると思います。私のところは計算科学専攻ですが、教員の専門は数学、物理、化学、生物といろいろで、共通点は計算機を使うことです。物理や化学の人間からすると、並列化はあくまでも手段であって目的ではない。

藤堂 あんまり本格的にやると本来の専門に戻ってこれない？

石村 私がその例かもしれません(笑)。

ソフト開発は評価に結びつかない？

常行 論文になりにくい並列化のような仕事をどうしたら評価に結びつけられるか。計算科学を進展させるにはそこを是非なんとかしなければならぬと思いますが、よいアイデアはないですか。

石村 個人的には助教として採用していただいたことで評価してもらったと思っています。

藤堂 つまり、ポストをつくらないといけないわけだ。

石村 先生方にかんばっていただきたいなと(笑)。

常行 物性にも計算機に強い人が要るので採用したいと思っても、教授会で業績はソフトの並列化と言った途端に不採用でしょうね。

石村 われわれも、プログラムを公開して知名度を上げていくというような努力をしないといけない

とは思いますが。

藤堂 皆さん、自分のつくったプログラムを公開していますか。

石村 分子研にいたころ、GAMESSというプログラムを拡張し、その一部として公開してもらったことがあります。私为中心になって開発しましたが、そのあとバグをとるなどいろいろの作業は共同でやりました。

常行 それはどのように評価されましたか。

大庭 Gaussianだと論文で引用したときに開発者の名前を出してもらえますが。

石村 GAMESSはないなあ。プログラムの最後のところの開発者リストに名前を入れてもらっただけです。開発したからといって職を得るたしにはならないですね。

藤堂 私自身はALPSというプログラムのプロジェクトに関わっていますが、そこでは著者20人ぐらいで素粒子実験のような論文を書いてしまうんです。そしてプログラムを利用して論文を書く人には、私たちの論文の引用をライセンスで義務



大庭伸子

おおほ のぶこ
(株)豊田中央研究所
材料基盤研究部材料設計研究室勤務



石村和也

いしむら かずや
神戸大学大学院システム情報学研究科
計算科学専攻助教

付けています。

石村 ソフトを公開すれば知名度も上がるという道筋をこのイニシアティブで示せれば、若手にもやってみようという人が増えると思います。

佐藤 企業ではプログラムの開発は評価されますか。

大庭 ソフトをつくるのが目的の業務であれば評価されますが、そうでない限り難しいです。ソフトをつくってどうするの？ 売るの？ と言われる。

藤堂 不完全でも取りあえず公開しておく、あとで多くの人が知恵を出してくれることがオープンソースの利点だと思います。佐藤さんは公開していますか。

佐藤 していません。自分用につくり、自分がわかればいいので、汎用性にこだわってプログラムを書いていませんから。われわれのコミュニティーはそんなに大きくないからユーザーがたくさんいるとは思えません。

藤堂 海外の人はわりに気楽にプログラムをほいほいと言ってきますね。そういうときに自分だけつくっているプログラムだと、渡した後どうなるか不安がある。逆に公開してしまうと、こういう条件で公開するからそれに従って使ってくださいと言

えます。

石村 最近では実験の人でも計算はかなりしていると思いますが、このイニシアティブで開発しているようなプログラムのユーザーではないですね。実験分野にも、研究室のPCクラスターでは不十分で、スパコンを使う必要があるというユーザーが出てくれば、状況は違ってくるかもしれません。

常行 GaussianとかGAMESSは機能がたくさんあるから、スパコンなしでも十分なのでしょう。公開するとしたら、同じ機能のものを公開しても意味がない。今までのソフトにない機能をもっていないと。

石村 そのひとつが超並列化でしょうか。既存のソフトではなかなかアプローチできませんから。並列化や高速化で勝負すればいいかな。

宇田川 原子核の分野とはときどきやりとりがあって、原子核の構造解析にアルゴリズムのプログラムが役立つことがあるのですが、分野によって言語が違うので、そこをどうするかという問題もありますね。

常行 自分の分野で、海外ではソフトが公開されている例はありますか。

石村 欧米などでたくさんあります。プログラム開発や公開が評価の対象になっているためでしょう。

常行 日本は海外に比べてソフト公開が遅れているので、このプロジェクトが公開する契機になればよいと思っています。遊びのフリーウェアは日本人も多数公開していますね。ああいう発想はどこから生まれてくるのでしょうか。

佐藤 リアクションがやりがいになっているのでは？

藤堂 リアクションがソフトウェア公開のインセンティブになるだろうか。

石村 ポスドクにはそんな余裕はないと思います。研究者以外のキャリアパスがもう少し見れば余裕も生まれるけれど、全員がアカデミックポジションにつくことは期待できませんから。

大庭 計算に対する企業の期待は非常に大きくなっていると思います。ただ、何に役に立ったかを企業は公にできないんです。ある企業で計算の人と組んでよい成果をあげているから、うちもやろうという動きはあります。今まで実験の人しかいなかった部門でも、計算の博士を採ろうという動きはあると思います。

藤堂 それでも計算機を使って仕事をしてきた人の市場があるわけではなくて、本来の専門で



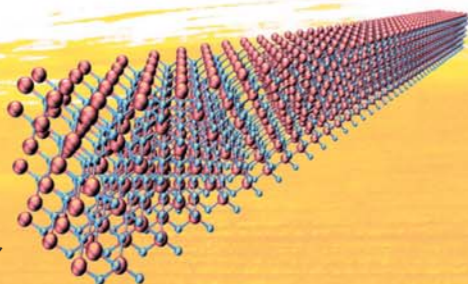
佐藤和史

さとう かずふみ
北海道大学大学院工学研究科
材料科学専攻材料数理学研究室D3

CMSIの研究課題

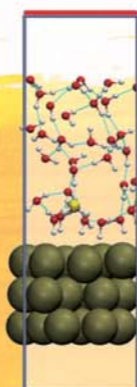
■次世代先端デバイス科学

半導体デバイスの微細化が限界に近づいている一方で、量子効果を利用したナノスケールのデバイスの研究が進められている。次世代スパコンによって、ナノの現象を支配する量子効果を取り入れたシミュレーションを行い、新しいデバイスの設計と指針を探る。



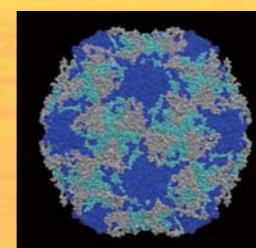
■エネルギー変換

これまでにない大規模なシミュレーションによって、燃料電池やメタンハイドレートなどの基礎過程を明らかにし、エネルギー変換と貯蔵に有効な物質を探る。



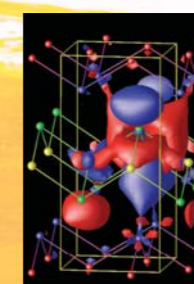
■分子機能と物質変換

ナノスケールの分子や分子集団の構造と機能発現を解明し、機能の制御をめざす。たとえば分子集団であるウイルスの全原子シミュレーションによって、感染や免疫の分子機構を解き明かし、抗ウイルス剤の開発につなげる。



■新量子相・新物質の基礎科学

新量子相の探索や電子系ダイナミクスの解明、分子の微細量子構造の予測、揺らぎとダイナミクスによる機能発現など、物性物理学と量子化学の先端的な基礎課題に取り組む。



採るということですね。企業が計算の人を採りたいと思ったときに役に立つように、このイニシアティブにこんな人がいますとアピールしていく。そういう流れができてくれればよいと思います。

次世代スパコンを使える人材をどう育てる？

石村 私は、分子研では数百コアほど、豊田中研では2000コアまでやっていましたが、1桁増えると使いこなすのに2年かかる。PCクラスターから数千コアレベル、そして今のスパコン、さらにその先の次世代スパコン。ゼロからPCクラスターまでは授業でやるとしても、その先をやる人をどう育てるかは大きな課題です。

常行 1万コアを超えるレベルの並列計算については、できる環境が最近までなかった。このレベルになると、コンピュータサイエンスの専門家でもかなりしんどいでしょう。

藤堂 経験的に言うと、1000コア程度なら自分で勉強してもできますが、その先は業務委託のかたちで計算機のベンダーに来てもらっているのが現状です。

常行 CMSIのもうひとつの目標は、ここで並列化の支援体制をつくることです。会社から並列化の専門家に来てもらうのもよいし、コンピュータサイエンスが専門で応用にも興味のある人がいれば、リクルートすることもあり得ると思います。

宇田川 1万コアの計算をやってみたくての人が、希望すれば気軽に指導してもらえることになりますか。

常行 どういう課題を次世代スパコン(愛称:「京」)でやるべきかを議論する場があり、そこで課題の優先順位を決めます。若い人からこんなことをやってみたくてというアイデアを公募して、そ

れをわれわれが、おもしろい! やってみたい、と言えるしくみもできるとよいですね。近々、成果報告と来年度の計画を決める研究会を予定しているの

で、そこで提案していただいてもよいと思います。**石村** 1000とか1万コアについてベンダーのサポートを受ける機会があれば、聞いてみたいと思う人はいるでしょう。また、学会よりもっと自由に話せる場があるとよいですね。気軽に質問できて、失敗例も出せるような。並列化については経験が重要なので、経験の共有や蓄積が大いに役立つと思います。



常行 ベンダーに頼んで特定のグループのプログラムを最適化してもらったとしても、グループの外にはノウハウが伝わらないですね。分野全体のレベルを上げる方法ってないものかな。

石村 非公式な勉強会でたがいに議論できて、ベンダーからも経験を公開していただいで、全体がレベルアップすればよいと思います。

佐藤 計算を生かした成果が出るのが大事な。計算はまだあまり認知されていなくて、計算をしていると言うと、エーッ! という反応です。計算が貢献できる仕事があることをもっとわかってもらえると有り難いです。

大庭 企業で計算に対するニーズはた

くさんあるので、このイニシアティブのサイトにアクセスしたら、どうしたら計算できるかがわかる、あるいは共同研究のネタが拾える、そういう情報発信がなされるとよいと思います。

常行 研究のカフェテリアみたいな広報をしたいと思っています。棚にいろいろ並べておいて、みんながちよっと寄って興味のあるものをつまんでいく。そんな感じで。

大庭 あそこに行くとおもしろいネタがありそうだ。あの先生があんなことをやっている和小耳にはさんだが、その後どうなっただろう。うまく行っていれば使いたい。そんな気持ちを満たしてくれる情報源になるとよいですね。

常行 「京」の次の世代のスパコンを日本で開発できるかどうかは、CMSIで成果が出せるかどうかにかかっています。「京」を十分に使いこなし、その次の世代のスパコンはどういうものをつくっていくかの議論も始めないといけません。

藤堂 本日、「京」の出荷が始まったそうです。私たちががんばって行きましょう!

(2010年9月29日 収録)

「京」だより

次世代スパコン(愛称:「京(けい)」)は、2012年秋の完成をめざし、神戸ポートアイランドで整備が進んでいます。2010年9月29日に最初の8台が搬入されました。この8台でかつて世界最速を誇った地球シミュレータの2倍以上の性能です。完成時には800台以上が繋がって、10ペタフロップス(1秒間に1京回の演算性能)が達成される予定です。



写真提供: 理研

CMSIカレンダー 詳細はCMSI ホームページ <http://cms-initiative.jp> をご覧ください。

主催: 計算物質科学イニシアティブ
contact@cms-initiative.jp

計算物質科学シンポジウム

基礎科学の源流から物質機能とエネルギー変換を操る奔流へ

招待講演
細野秀雄 (東京工業大学応用セラミクス研究所)
「材料研究者から計算科学への期待」
尾関章 (朝日新聞社編集委員)
「地味な科学が世の中にアピールする方法」

2010年9月30日(木)
シンポジウム 13:00-17:45 懇親会 18:00-20:00

東京大学 鉄門記念講堂
本郷キャンパス医学部教育研究棟 14 階
(懇親会 医学部教育研究棟 13 階)

参加登録 <http://www.cms-initiative.jp/events/sympo-20100930/>

「次世代スーパーコンピュータプログラム」分野2「新物質・エネルギー創成」
懇親会 東京大学物性研究所 計算物質科学シンポジウム 東京大学基礎科学センター
協賛機関 東北大学 筑波大学 名古屋大学 京都大学 大阪大学 神戸大学
委員会 東京大学 東京大学 東京大学 東京大学 東京大学 東京大学 東京大学

● 2010年9月30日

CMSI第1回シンポジウム「基礎科学の源流から物質機能とエネルギー変換を操る奔流へ」
場所: 東京大学鉄門記念講堂

CMSIプログラムの正式スタートを受けた第1回シンポには、CMSIの中核機関をはじめ、全国から産官学の関係者約170名が集まりました。

CMSI統括責任者の常行真司教授が、「次世代スパコンによって飛躍的に多くの成果が生まれるはず。CMSIには物性、分子、材料の分野から多くの人が集まり、「More is different」でブレークスルーをめざしたい」とキックオフを宣言すると、会場には意欲あふれる拍手が起こりました。

鉄系超伝導体材料研究の第一人者である細野秀雄・東工大教授は、「計算科学が結果を出してくれれば、実験家はそれに呼応するので、研究全体に拍車がかかる」と、CMSIへの期待を語り、科学ジャーナリストの尾関章・朝日新聞社編集委員からは、「科学技術政策の決定と支援には、科学と社会との対話が不可欠。科学の知が日本の文化の源にもなっている」と、時代の流れを概観しつつ力強い声援をいただきました。

後半では、新物質とエネルギーの創成をめざす主な研究課題が紹介されました。次世代半導体デバイスの量子シミュレーション、抗ウイルス剤開発に向けたウイルスの全原子計算、燃料電池やメタンハイドレート、材料特性と内部組織の解明、さまざまな応用研究の「源流」となる物理と化学の基礎課題など、いずれもフロンティアを切り拓くことが期待されるテーマです。

最後に、寺倉清之・北陸先端科学技術大学院大学教授が、「よくプロジェクトはスタートまでがドリームだというのが、スタートしてからドリームを抱き続けてほしい」と激励の言葉でシンポジウムを締めくくりました。



● 2010年11月11、12日

CMSI「新量子相・新物質の基礎科学」研究会
場所: 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター

● 2011年1月5～7日

物性研・CMSI・次世代ナノ情報合同研究会
「計算物質科学の課題と展望」
場所: 東京大学物性研究所 大講義室

● 2011年1月17日

「次世代スーパーコンピューティング・シンポジウム2010および第1回戦略プログラム5分野合同ワークショップ」

場所: ニチイ学館神戸ポートアイランドセンター

● 2011年2月4、5日

分子研「計算分子科学拠点第1回研究会」

場所: 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター 大会議室

● 2011年2月7日

「CMSI産官学連携シンポジウム」

場所: 秋葉原コンベンションセンター

● 2011年2月18日

「CMSI第1回産官学連続研究会」

場所: 秋葉原コンベンションセンター

● 2011年2月22、23日

「次世代ナノ統合シミュレーションソフトウェアの研究開発 第5回公開シンポジウム」(協賛)

場所: 甲南大学ポートアイランドキャンパス

レクチャーホール

● 2011年3月8～12日

「第18回コンピューテーショナル・マテリアルズ・デザイン(CMD[®])ワークショップ」(協賛)

場所: 国際高等研究所

主催: 大阪大学サイエンスデザイン教育研究センター等

● 2011年3月9、10日

「HPC産業利用スクールナノテクコース」(協賛)

場所: 東京大学生産技術研究所

主催: スーパーコンピューティング技術産業応用協議会

拠点リーダーからのメッセージ



毛利哲夫

もり てつお

CMSI材料科学拠点代表

東北大学金属材料研究所
北海道大学大学院工学研究科

材料科学が対象とする実用材料の多くは、非平衡プロセスによって製造されます。その内部組織は非一様です。たとえば、材料強度を決めるような現象は非線型性が強く、現象の背後にある物理を解き明かす以前の問題として、現象そのものを定量的に記述するのが難しいのです。そのため、理論や計算よりも実験が大きく先行します。しかし、限られた資源を有効に利用し、高精度で材料開発を行うには、計算材料科学の進展が不可欠です。

わが国の材料開発は、鉄鋼材料をはじめとして世界のトップレベルにあります。この伝統を継承していくためにも、計算材料科学には大なる期待が寄せられています。

次世代の計算材料科学を担うのは若人です。本プロジェクトを介して、物性科学、分子科学など異分野の人々から多くの知識を吸収し、それを基にして材料科学独自の手法を体系化していく……、若い諸君が果たすべき役割は尽きることがありません。金属材料研究所が若人とともに次世代の計算物質科学、計算材料科学を構築していく拠点でありたいと願っています。



川島直輝

かわしま なおき

CMSI物性科学拠点代表

東京大学物性研究所

東京大学物性研究所はこれまで、共同利用スーパーコンピュータの運用を通して、計算物質科学コミュニティの先端的並列計算への展開に寄与してきました。

共同利用スパコンの多くのユーザーは、個人や研究室ごとに作成したオリジナルのプログラムを用いて、いわば「家内制手工業」スタイルで多くの重要な成果を挙げてきました。その伝統は今後も受け継がれていくでしょうが、一方で、並列度の増加にともなって計算機の性能をうまく生かすプログラムを作成するための労力も増えてきています。

この現状を踏まえて、物性研究所ではCMSI発足を機に、従来の事業に加えて、大規模並列計算の技術開発やソフトウェア資産の蓄積・公開・普及にもより積極的な役割を果たしていきたいと考えています。そのための新たな所内組織として「計算物質科学研究センター（仮称）」の設置を検討しています。これによって、次世代の「家内制手工業」を支えるツールボックスが整備できるものと期待しています。



高塚和夫

たかつか かずお

CMSI分子科学拠点代表

自然科学研究機構分子科学研究所
東京大学大学院総合文化研究科

コンピュータは偉大な道具ですが、これを生かすか殺すかは使う人次第です。人間の脳は複雑なニューロンのネットワークで成り立っています。人と人が結びつければ、複数の脳のネットワークが集まって、さらに上の階層のネットワークがつくれるだけでなく、個々の脳のネットワークも活性化されます。つながり距離（相関距離）も長くなります。CMSIが誕生したおかげで、分子科学中心の私の脳は物性科学や材料科学と相関をもち、到達距離はより長くなり、受信可能面積も大きくなるでしょう。こんなワクワクすることはありません。

大学で勉強する学生は、就職活動をするまで、企業のことをろくに知りません（社会のこともろくに知らないと言ってもいいでしょう）。一方、企業の先輩方も、明日をめざして頑張っていた若い頃の熱い思いを忘れていないかもしれません。私たちCMSIは、学生・大学・研究所・企業の間をつなぐ双方向のネットワークづくりをお手伝いします。ここでも、相関距離と受信面積は長く大きくなってほしいと思います。

計算物質科学イニシアティブ広報誌 **Torrent** No.1, January 2011
© Computational Materials Science Initiative, 2011 All rights reserved

「次世代スーパーコンピュータ戦略プログラム」分野2<新物質・エネルギー創成>
発行 **計算物質科学イニシアティブ**
事務局 東京大学 物性研究所内 〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
tel. 04-7136-3279 fax. 04-7136-3441 <http://cms-initiative.jp> ISSN 2185-7091

制作協力：サイテック・コミュニケーションズ デザイン：高田事務所 写真撮影：由利修一

cmsi

Computational Materials Science Initiative