

1998.7

ISSN 0011-846X

電総研ニュース

<http://www.etl.go.jp/publication-j/news-j.html>

1998年7月号 582号



交流大容量超電導導体特性試験装置

- 導電性高分子におけるバイポーラロン
- 1万ガウスの交流磁界中で1万アンペアの交流通電
- 電子技術総合研究所創立記念式典
- その他

導電性高分子におけるバイポーラロン

- 密度行列繰り込み群による新しい理論 -

Bipolarons in Conducting Polymers

- New Theoretical Approach with the Density Matrix Renormalization Group Method -

電子基礎部 強相関物性理論ラボ

桑原真人^{*}、下位幸弘^{**}、阿部修治^{***}

^{*} 科学技術振興事業団科学技術特別研究員、現 分子科学研究所

Condensed Matter Theory Group, Physical Science Division
Makoto Kuwabara^{*}, Yukihiko Shimoi^{**}, and Shuji Abe^{***}

e-mail: ^{*}mkuwa@ims.ac.jp, ^{**}shimoi@etl.go.jp, ^{***}abe@etl.go.jp

Bipolarons and polarons, both of which are characteristic charge carriers in conducting conjugated polymers, are investigated theoretically by means of a newly developed approach with the density matrix renormalization group method combined with lattice optimization. Electron correlation significantly alters the nature of these self-localized carriers in nanometer scale. In particular, it stabilizes a bipolaron relative to a separated pair of polarons, when off-site repulsion is much weaker than on-site repulsion.

1. はじめに ~ 導電性高分子の特異なキャリア

プラスチックや合成繊維の材料である有機高分子は通常、絶縁体として知られていますが、近年では電気を良く通すものも作り出されており、導電性高分子ないし合成金属と呼ばれています。その高い導電性は、共役系高分子にハロゲン元素やアルカリ金属を添加(ドーピング)することにより実現され、銅に匹敵する電気伝導度をもつものも報告されています。さらに、導電性高分子は光非線形性や発光などの優れた光学特性も持ち合わせています。最近では強い電界発光(エレクトロルミネッセンス)が特に注目を集め、フラットパネルディスプレイへの応用などを念頭に世界中で研究開発が進められています。

このような導電性高分子の電氣的、光学的性質を支配しているのは 共役電子系です。これは、炭素原子のp軌道のうち、高分子面に垂直方向を向いた軌道が分子鎖方向に重なりをもつことにより、高分子全体に広がった(共役した)電子状態が形成されるもので、一種の一次元電子系と捉えることができます。電気伝導や電界発光の機構を考えるうえで、この一次元電子系のキャリアの性質を明らかにすることが本質的に重要です。

導電性高分子のキャリアは、通常の金属や半導体で考えられている自由電子とは全く異なった形態をとると考えられます。その原因は電子-格子相互作用、つまり、電子の動きと原子の変位が強く結びついていることにあります。このために、キャリアはナノスケールに局在化(自己束縛化)します。多くの導電性高分子では、これらのキャリアはポーラロンあるいはバイポーラロンと呼ばれるものになります。その構造を模式的に示したのが図1です。ポーラロンは1個の電子ないし正孔が格子の局所変形に捕らわれた状態で、電荷 $-e$ または e (e は単位電荷) とスピン $1/2$ を持っています。バイポーラロンは2個の電子(正孔)が捕らえられた状態で、電荷 $-2e$ ($2e$) を持ちますが、スピンは持ちません。ちなみに、もっとも簡単な分子構造を持った導電性共役高分子、ポリアセチレンでは、分子構造の対称性(構造縮退)のため、ソリトンと呼ばれる別の種類の自己局在化したキャリアが重要だと考えられています。ポーラロンやバイポーラロンは電子-格子相互作用の強い他の物質、例えば、イオン性結晶や誘電物質などでも重要なキャリアです。また、酸化物高温超伝導体に対してもその重要性を指摘する人もいます。

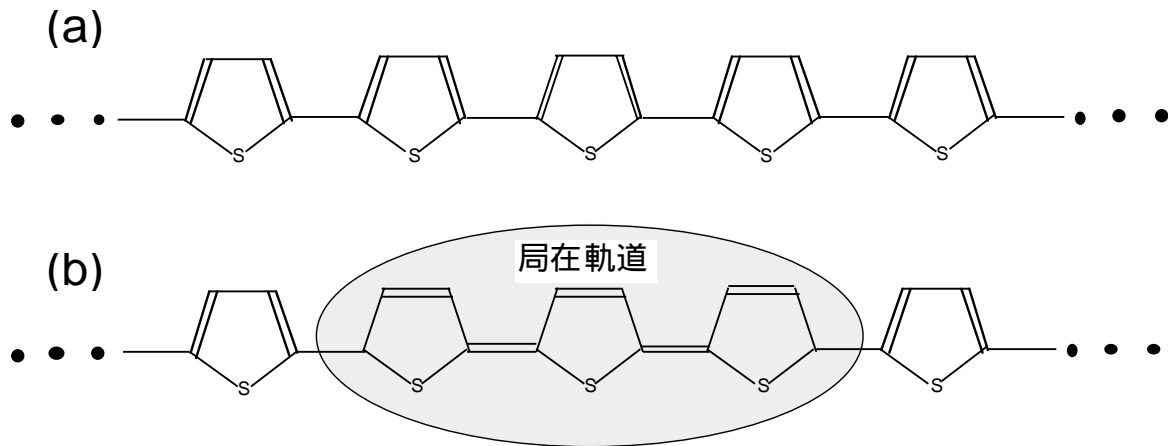


図1：導電性共役高分子におけるポーラロン、バイポーラロンの模式図。高分子種としてポリチオフェンを例にとります。キャリアがない場合(a)、炭素-炭素結合は結合長が短い二重結合と結合長が長い一重結合が高分子鎖に沿って交互に繰り返されています。ポーラロンないしバイポーロンが生成されると(b)、二重結合と一重結合の繰り返しのパターンが局所的に逆転し、そこに局在化した軌道が生じます。ポーラロンとバイポーロンでは、この軌道に收容される電子数、従って、局在している電荷の量とスピン状態が異なります。

理論的な観点からは、導電性高分子の物性を支配する重要因子として電子-格子相互作用に加えて電子間クーロン相互作用があります。その役割を解明することはこの物質系の基礎物理の中心課題の1つです。電子間相互作用はキャリアの性格にどのような影響を及ぼすでしょうか？バイポーロンにおいては2つの同符号の電荷が同一のナノスケールの格子変形に捕らえられ、電子間反発を強く感じるようになります。したがって、電子間相互作用が強ければ、バイポーロン1つよりポーラロン2つに分裂した方がエネルギー的に低く、したがって、主要なキャリアはポーラロンであると考えられます。逆に、電子間相互作用を考えない場合、ポーラロンよりバイポーロンの方が安定な事が知られています。従って、電子間相互作用の強さを変えることにより、キャリアの形態がバイポーロンからポーロンへと変るはずですが、私達は、以前、Hartree-Fock (HF)近似(平均場近似)の範囲内でこの問題を系統的に研究し、まさにこのような描像が成り立つことを示しました(文献1)。しかし、平均場近似というのは、電子間相互作用の取り扱いとして必ずしも満足のゆくものではありません。斥力のために電子が互いに避けあうように動く、いわゆる、電子相関の効果が十分に取り入れられないからです。

この記事では、電子間相互作用と電子-格子相互作用

用の両者の適切な取り扱いのもとに得られた導電性高分子のキャリアに関する最近の理論的研究の成果を紹介します(文献2)。この研究のために、私達は、物性理論における新しい手法である「密度行列繰り込み群(DMRG)の方法」に格子変形の最適化を組み合わせた方法を開発しました。この方法を適用して電子相関の効果を正しく取り込むことにより、従来の平均場理論においてバイポーロンが不安定化してポーロンになると考えられていたパラメタ領域でも、実はバイポーロンがかなり安定に存在することがわかりました。

2. 密度行列繰り込み群(DMRG)の方法～物性理論の新しい手法

物性物理学の理論的な研究分野では、一次元量子系に対する有力な数値計算法が1992年S.R. Whiteにより提案されました(文献3)。これが密度行列繰り込み群(DMRG: Density Matrix Renormalization Group)の方法で、その特徴は、厳密対角化法などの手法に比べて原子数の多い系に対して、基底状態のエネルギーなどの物理量を極めて精度良く求めることが可能な点です。この方法では、原子数の少ない系から始めて、原子を2つずつ加えて系を徐々に大きくしていきます。実は、原子数が2つ増えただけでも、電子状態に許される自由度は飛躍的に増加します。そこで、その中の重要なものだけをピックアップするわ

けですが、その基準として「密度行列」の固有値の大きいものを選ぶというのがこの方法の本質です。

バイポーラロンやポーラロンの問題に対しては、電子相関効果とともに電子-格子相互作用も同時に考慮しなくてはなりません。そこで、私たちは、Hellmann-Feynmanの力の平衡条件と呼ばれる定理をDMRGと組み合わせることで、相関のある電子状態と格子変形の両者を自己無撞着に解く新しい方法を開発しました。そのあらまは次のようです。まず、初期値の原子変位を仮定し、DMRGにより電子状態(基底状態)を計算します。次に、力の平衡条件を用いることにより、求めた電子状態に対して、古典的な範囲で最適化した原子変位を求めます。この最適化された格子変位のもとで、DMRGにより電子状態を再計算します。この電子状態を用いて、再び原子変位を最適化します。このようにDMRGと力の平衡条件を交互に繰り返し反復計算し、前段の結果と一致するまで計算を続けます。

実際に数値計算に使ったモデルは次のようなものです。導電性高分子の個別の分子構造に立ち入らず、ポリアセチレン以外の構造縮退を持たない高分子を一般的に取り扱う事にします。私達が用いたモデルは一次元拡張Hubbard-Peierlsモデルと呼ばれるもので、導電性高分子の電子状態を理論的に研究する際に良く用いられるモデルの一つです。一次元的に原子が配置され、各原子上の電子軌道をいわゆるLCAO的(強束縛近似)に取り扱ったモデルです。モデルのうち電子に関する部分は、最近接原子間を電子がホッピングする項と電子間反発力から成り立ちます。原子が変位して、原子間距離(結合距離)が短くなると電子は隣の原子にホッピングしやすくなり、逆に、長くなると、しにくくなります。この距離依存性を線形近似の範囲で取り込んでいます。これが、このモデルの電子-格子相互作用です。また、ホッピングの項には構造縮退を解くパラメタを現象論的に取り入れています(その大きさを ρ_0 とします)。一方、電子間反発には1つの原子上の電子軌道に2つの電子が収容された時の反発エネルギー U と、最近接原子上の電子間の反発エネルギー V からなるとし、もっと遠距離の反発力は無視しました。以下、エネルギーの単位として平均的な電子のホッピングエネルギーの大きさ t を用いることにします。

3. バイポーラロンとポーラロン~ DMRG法により明らかになった電子相関効果

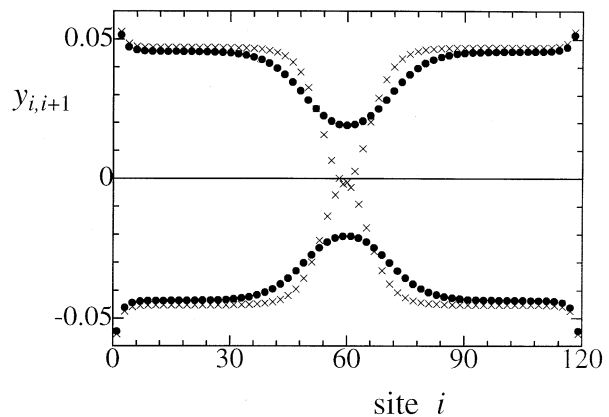


図2: バイポーラロンによる結合距離の変化。横軸 i は原子位置、縦軸 $y_{i,i+1}$ は i 番目と $i+1$ 番目の原子を結ぶ結合の伸びを、原子が等間隔に並んだ場合を基準にして表しています。印: DMRG法を用いた結果、 \times 印: HF近似による結果。用いたパラメタは $U=1.5t$, $V/U=0.5$, $\rho_0=0.05$ 。

図2は、導電性高分子鎖にバイポーラロンが1つある場合の原子変位の様子を示しています。横軸は一次元に並んだ原子の位置 i を表し、縦軸は i 番目の原子と $i+1$ 番目の原子間の結合距離の伸び $y_{i,i+1}$ を、原子が等間隔に並んだ場合を基準にして表しています。

印で示したのがDMRG法を用いた計算結果で、電子相関を十分に取り込んでいないHF近似による結果を比較のために \times 印で載せています。 $y_{i,i+1}$ は i が偶数と奇数で符号が逆になっており、これは図1で二重結合と一重結合が交互になっているのに対応し、結合交替と呼ばれます。この結合交替が高分子の中心(今の場合 $i=60$)近傍で弱くなっているのがわかります。これが、バイポーラロンで、電子対もここに局在化しています。(図1の模式図では結合交替の位相が反転しているように描かれていますが、図2では格子ひずみはそこまで大きくなっていません。)バイポーラロンの広がりにはモデルに現れるパラメタに依存しますが、今のDMRG場合、半値幅はおよそ25原子間隔(3ないし4ナノメートル)です。ポーラロンも同様な格子ひずみを持ち、そこに電子1個が局在化します。電子相関効果はバイポーラロンやポーラロンの広がりに影響を与えます。HF近似の結果と比較すると、今のパラメタでは、相関効果は広がりを大きくする方向に働いています。

高分子鎖内の電気伝導は、このような局在化した電子あるいは電子対が局所ひずみを伴いながら、高分子鎖内を移動することにより実現していると考え

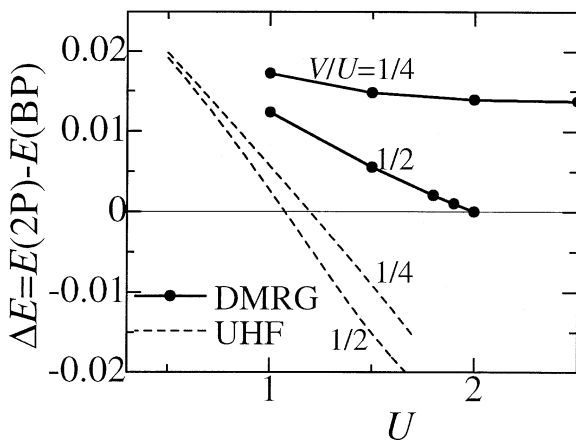


図3：高分子鎖に十分離れたポーラロン2つを生成した時(2P)と、バイポーラロン1つを生成した時(BP)のエネルギー差を、電子間反発エネルギー U の関数としてプロットしたものである。実線はDMRG、破線は非制限HF近似(UHF)の結果で、 $V/U = 0.25$ と 0.5 の2通りの場合を示します。エネルギーの単位は t 、 t_0 の値は 0.05 。

られています(文献4)。これは自由電子描像やバンド理論とは全く異なった電気伝導機構といえます。

導電性高分子のキャリアとして、バイポーラロンとポーラロンのどちらが安定かを調べるために、両者の生成エネルギーを比較しました。図3は、高分子鎖上に十分離れた2個のポーラロンが生成された場合とバイポーラロン1個が生成された場合のエネルギー差を電子間反発エネルギー U に対して描いたものです。実線はDMRGの結果、破線はHF近似の結果で、各々、 U と最近接軌道間反発 V の比の異なる2つの場合を示してあります。 U が小さい領域ではバイポーラロンの方がエネルギー的に低くなっています。 V/U が比較的大きい 0.5 に対するDMRGの結果では、 $U \sim 2t$ で、ポーラロンに転移することがわかります。この転移自体は第1節で述べた直感的な描像に合致するわけですが、得られた転移点はHF近似の結果($U \sim t$)の約2倍で、電子相関効果によりバイポーラロンが相対的に安定化される傾向にあることがわかります。 $V/U = 0.25$ の場合には、驚くべきことに、どんなに U を大きくしても、ポーラロンには転移せず、バイポーラロンが安定です。これは、HF近似の結果とは定性的にも異なる結果で、電子相関効果の本質的重要性を示しています。

4. おわりに

電子間相互作用に起因する電子相関効果が、導電

性高分子における特異なキャリアであるバイポーラロン、ポーラロンの性質に重要な役割を果たすことがわかってきました。特に両者の相対的な安定性について、電子相関効果はバイポーラロンを安定化すること、および、ポーラロンがキャリアとして存在するためにはある程度の大きさの電子間相互作用(U と V)が存在する必要があることがわかりました。ただし、私達のモデルは様々な仮定をしています。たとえば、高分子鎖間の相互作用、こうした材料では不可避的な構造の乱れ、また、長距離の電子間相互作用などを無視しています。これらの影響は今後の課題です。

キャリアの形態に関する実験としては、キャリア生成に伴う光学ギャップ内の光吸収スペクトルや電子スピン共鳴などが重要な測定手段です。これまでのところ、ポーラロンを支持する実験が有力になりつつありますが、試料の改良によりバイポーラロンが生成されることを示す最近の報告もあります。このことは、バイポーラロンとポーラロンのエネルギーが拮抗していることを示しており、現実の導電性高分子に対して妥当と考えられるパラメータ領域(U が t と同程度が数倍で、 V も決して無視できない中間的な強さの電子間相互作用)における、私達の理論的な結果と対応しています。今後の実験、理論、両面にわたる研究進展により、導電性高分子のキャリアに関する理解がさらに深まることが期待されます。

参考文献

1. Y. Shimoi and S. Abe, Phys. Rev. B 50 (1994) 14781.
2. M. Kuwabara, Y. Shimoi, and S. Abe, J. Phys. Soc. Jpn. 67 (1998) 1521.
3. S.R. White, Phys. Rev. Lett. 69 (1992) 2863; Phys. Rev. B 48 (1993) 10345.
4. M. Kuwabara, S. Abe, and Y. Ono, J. Phys. Soc. Jpn. 66 (1997) 933.

研究課題名

特別研究

強相関電子物性に関する研究

(強相関電子系の理論研究)

1万ガウスの交流磁界中で1万アンペアの交流通電 交流大容量超電導導体特性試験装置の導入

Installation of a test facility for 10kA superconductors with a 1T ac superconducting magnet

エネルギー部 超伝導電力機器ラボ 樋口 登*

超電導発電関連機器・材料技術研究組合 (Super-GM) 技術部 武田 薫**

Superconducting Power Device Lab. Noboru Higuchi*

Engineering Research Association for Superconductive Generation Equipment and Materials (Super-GM)

Kaoru Takeda**

e-mail:nhiguchi@etl.go.jp*, LDM04314@nifty.ne.jp**

AC superconducting technology is the key to the future introduction of superconducting power devices such as transformers, fault current limiters and so forth.

Recently, a test facility was installed for large-scale ac superconductors consisted of a 1.2MVA ac superconducting magnet, which is one of the largest ac superconducting magnets in the world, and a 10kA current source. The purpose is to evaluate the superconductors developed by Super-GM, or the Engineering Research Association for Superconductive Generation Equipment and Materials. Super-GM is taking a role of R&D in the New Sun Shine Project on superconducting technology including superconducting power generators, helium refrigerators large-scale ac superconductors under an assignment with NEDO.

But the most important part of the test facility, the superconducting magnet, requires R&D for the stable operation, because the research on the stability of large-scale ac superconducting magnets is on its early stage at present, and considerable efforts are necessary to establish the design criteria. A long term research on its electromagnetic and mechanical characteristics will provide valuable data to assist the progress in ac superconducting technology.

はじめに

超伝導電力機器ラボは、超電導発電関連機器・材料技術研究組合（略称：Super-GM）と大電流容量の交流超電導導体の評価に関連して共同研究を実施中である。この度、Super-GMが開発した1.2MVA交流超電導マグネットと10kA交流通電装置で構成される世界最大の交流大容量超電導導体特性試験装置を共同研究実施のため電総研に設置した。今回導入した試験装置を中心として、交流大容量超電導導体評価技術について紹介する。

Super-GMはニューサンシャイン計画の一環として実施されている「超電導電力応用技術開発」に参加し、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託により超電導発電機の開発を中心に、超電導技術を電力技術に適用するための研究開発を実施している。現在は、開発した70MW級モデル機の実証試験を関西電力(株)大阪発電所構内の同組合試験センターで進めており、同時に10kA級交流超電導

導体、酸化物系超電導線材および高信頼度冷凍システムの開発を進めている。

本共同研究では、10kA級交流超電導導体の試験方法の確立と、交流超電導マグネットの長期的な励磁特性に関する調査により大型交流超電導マグネットの設計に必要な基礎データを蓄積することを目的としている。これは、将来の超電導変圧器など、超電導技術を応用した交流電力機器の開発に資するものである。

1. 装置の概要

図1 および図2 に導体試験装置の外観と交流超電導マグネットを示す。このマグネットのインダクタンスLは92.3mHであり、電流266A_{peak}の通電時に中心部に1T_{peak}の磁界を発生する。マグネット電圧は、60Hzで最大9.3kV_{peak}にも達し、直接励磁しようとすると1.2MVA(1,200kVA)の電力を必要とする。これは電総研全体の受電容量の1/4近くにも相当する。



図1 . 交流大容量超電導導体特性試験装置の外観

しかし幸いなことに、超電導マグネットは損失が殆どなくこの電力の殆どは無効電力であるので、共振状態で運転すれば電源の容量は極めて少なくて済む。

図3 . に全体の構成図を示す。マグネットの励磁系要素は緑色で示し、試料通電系要素はベージュ色で示している。マグネットの励磁系の電源容量は12kVAであるが、抵抗成分（損失成分）の少ない超電導マグネットのインダクタンス成分とコンデンサとの共振により、マグネットに電源容量の100倍に相当する見かけの電力を供給している。ただし、コンデンサ容量のコントロールは、複数個の接続を切り替えて行うため連続的な調整ができず、結果として励磁周波数は20Hz から60Hz までの不連続的な値となる。ちなみに、現在運転中の同装置では、50Hz に最も近い条件として、51.409Hz で試験を実施中である。コンデンサ容量は気温とともに変化するため、完全な共振条件とするには励磁周波数の小数点以下3桁目の調整が必要であるが、試験条件の再現性を重視して周波数はこれに固定している。

開発された導体は、交流磁界中の交流クエンチ電流（ I_q ）特性、交流損失特性により評価する。

I_q 測定は、試料電流を一定の割合で増加させ、発生電圧波形を観測することで行う。試料電流は、180kVAのバイポーラ電源の出力を大電流変圧器を介して供給する。変圧器の2次側出力は15V-10kAと低電圧大電流仕様である。なお試料形状は、直流臨界電流（ I_c ）測定に多用されているコイル形状では交流磁界印加時に端子間に高電圧が発生するため採用せず、図3 . に図示したようなU字形状を主体とした。

試料電流の周波数は、40Hzから60Hzの間で任意に選択でき、測定を実施する際は、周波数はもちろん、

位相も磁界の位相との関係においてコンピュータにより制御する。

交流損失特性は、試料導体で小コイルを作り両端を開放状態で交流磁界中にセットし、2個のピックアップコイルで試料コイルを同心状に内外から挟み、試料の磁化を誘導法で測定する。

2 . 交流超電導マグネット

交流大電流容量超電導導体の開発においては、評価法の確立していない現時点では測定技術自体が重要な研究課題でもある。しかも、測定時に外部磁界印加用として必須となる大型超電導マグネットは、その安定性を支配する要因が十分解明されておらず、設計の考え方を確立するためには検討の積み重ねが必要な段階にある。今回導入した交流超電導マグネットは、最高1T(1万ガウス)の交流磁界を直径150mmの測定空間に発生できる、容量1.2MVAの世界最大級のもので、Super-GMに参加している日立電線（株）が製作を担当した。

交流超電導導体の研究が進む中で、導体を構成する素線に均一に電流が流れない、いわゆる偏流の問題には各方面からの取り組みが進んでいる。一部の素線の電流値が上がるとクエンチが発生しやすく、素線間の電流分布は均一であることが特性向上に重要である。しかし、交流損失を小さくするには素線の直径を小さくすることが有効であり、必要な電流容



図2 . 1.2MVA 交流超電導マグネット

量を得るために導体は0.1mm程度の素線を多数本撚り合わせて製作する。この時、超電導体の抵抗が極めて低いため、素線間の電流分布はインダクタンスにより決まって不均一になり易い。例えば、7本の細い超電導線を撚り合わせて交流電通する時、銅線では起きない現象だが、周囲の6本に囲まれた中心にある1本の線には素線間相互インダクタンスにより逆向きの電流が流れて全体の電流値を下げる。逆に言えば周囲の6本には全電流を6で割った値以上の電流が流れ、導体の臨界電流は素線の臨界電流の6倍より必然的に小さくなる。そのため現在開発中の交流超電導導体では、いずれも中心には高抵抗のダミー線が使用されている。このように交流超電導導体の開発には幾つもの課題の解決が必要である。

交流超電導導体を巻いて製作した交流超電導マグ

ネットには、更に多くの課題が残されている。マグネットの磁界分布、導体内電流分布、機械振動の発生状況とその影響を調べ、クエンチ発生特性を含む励磁特性などの基礎的なデータを集積することは重要である。更に近接する大容量導体との相互作用についても検討して安定性支配要因を探ることとする。また、運転履歴と長期安定性の関係など、運用を考える上で必要なデータの蓄積を図りたいと考えている。

交流超電導マグネットの製作技術は、将来の超電導変圧器、巻線型超電導限流器などの実用化に不可欠なものであり、今後提案を予定しているプロジェクト研究の先駆けとして位置付け、基礎的なデータの蓄積を図り、課題の抽出に努めていく予定である。

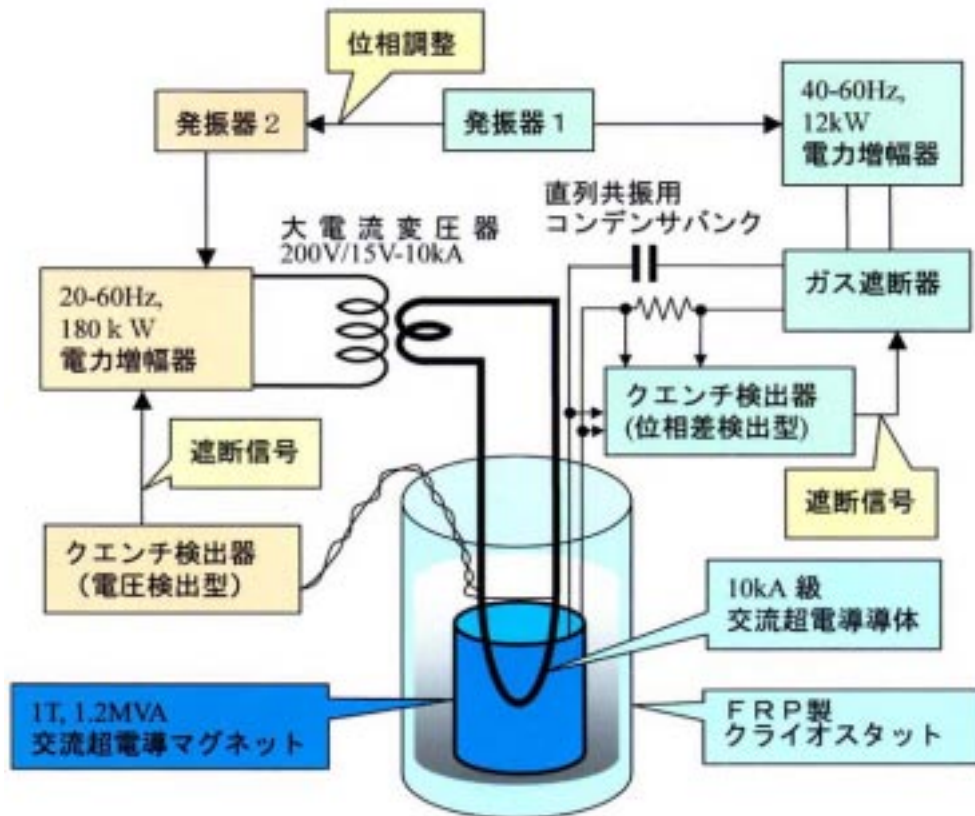


図3 .全体構成

電子技術総合研究所創立記念式典

平成10年7月1日

所長挨拶

梶村 皓二



電子技術総合研究所が107周年を迎えたことを皆さんとともに喜びたいと思います。この長い歴史の中で私たちは貴重な経験を重ね、たくさん^のことを学んできました。現在の電総研は先輩たちが築き、私たちが引き継いで育ててきたものです。私たちはさらに、今置かれた時代を踏まえた認識の上に、一層の知恵を出し努力を重ねなければならないという思いを一つにする、記念の日としたいと思います。

さて私は常日頃、ヒアリングの場で聞く立場、喋る立場を通じて、説明することの難しさを痛感しています。きょうは研究の立場で「説明義務」ということを考えてみたいと思います。

一つ目として、まず自分の仕事が今後どのように役に立つかといった将来へのビジョンを自分自身が心底納得して持つこと。二つ目として、そのビジョンが正しいかどうか確認するために、様々な人に問いかけ、意見を聞き、確固とした信念を持つに至ること。

人に説明するとき、私が皆さんに強調したいことは、言葉の理解度は人それぞれで大きく違うということです。相手が専門内の人か、専門外の人か、あるいは全くの一般の人かによって当然使う言葉の範囲も違ってこなければなりません。自分がわかっているから相手にはわからなくてもいい、協力だけしてくれ、という態度では少々困ります。

ビジョンの説得、つまり説明には非常な忍耐が要求され、バイタリティも必要だと痛感しています。そうした説明の場を経て得ることのできた、「確信あるビジョン」こそが、信念を生み出すのであって、信念なしには責任と自信を持って仕事をやり遂げることができないと思います。

以上、研究課題の明確なビジョンを持ってこそ、説明義務、つまりアカウンタビリティが果たせるのだという話をさせていただきました。途中のプロセスではなく結果だけが評価されるこの時代ですが、今申し上げたような努力を積んで、皆さんの成果が正しく評価され、電子技術というジェネリックな技術

を通して公共に貢献できるよう願っています。

平成10年度表彰受賞者

1. 業務表彰(計7件)

業績賞(2件)

高性能真空マイクロ素子の研究開発

伊藤順司、金丸正剛(電子デバイス部)

汎用高性能3次元視覚システムVVV

富田文明、吉見 隆、植芝俊夫、河井良浩、角 保志、松下俊夫(知能システム部)、市村直幸(知能情報部)

貢献賞(3件)

ラボ制推進室の業務遂行

北垣高成(知能システム部)、秦 信宏(材料科学部)、樹神謙三(総務部)、阪東 寛(電子基礎部)、岩田康嗣(エネルギー基礎部)、齋藤輝文(量子放射部)、関口智嗣(情報アーキテクチャ部)、立石 裕(エネルギー部)、本村陽一(情報科学部)、佐藤孝明(大阪ライフエレクトロニクス研究センター・超分子部併任)、佐々木正明、春日久美子、武田照子(総務部)

電子技術総合研究所外部評価委員会の準備と実行

菅野義之(企画室)、高澤孝司、加藤信隆、柳町 正(総務部)

X線・線照射線量、線吸収線量の標準の供給体制の確立
崎原克彦、小山保二(量子放射部)

優秀ホームページ賞(2件)

宇宙ロボットラボ 総務部庶務課

2. 外部表彰(1件)

英国物理学研究所より贈られたニュートンのリンゴの木の育成による 電子技術総合研究所創立100周年記念行事への協力
農林水産省果樹試験場 場長 間学谷 徹 殿



お知らせ

電総研ニュースをご愛読いただきありがとうございます。

6月号でお知らせしましたように、7月からインターネット上で、全文を見ることができるようになりました。

インターネットのみから見られる方には、下記宛にメール等で連絡を頂ければ、ニュースができた時点でメールにてその旨をお知らせします。その場合、従来郵送していた印刷物の配布は中止とさせていただきますのでご了承下さい。

- ・連絡先：e-mail:info@etl.go.jp
- ・問い合わせ先：総務部業務課広報係（0298-54-5059）

編集 〒 305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-4 工業技術院 電子技術総合研究所 0298(54)5059

URL <http://www.etl.go.jp/> e-mail:info@etl.go.jp

印刷・製本 株式会社イセブ