11.1 デバイス系　豊田高専 及川

超伝導基礎物性(デバイス系)の発表は，Bi-2212 の固有接合を用いたテラヘルツ発振関連が 5 件，ジョセフソン接合の磁場応答が 1 件の計 6 件 (5 件がオンライン発表，1 件が現地発表)であった。発振関連は，テラヘルツ電磁波発振源の性能向上に向けて，材料，素子加工法，発振特性の実験及び数値解析など様々な面からアプローチした報告があり，研究が確実に進んでいる印象をうけた。また，磁気干渉パターンがジョセフソン接合の形状に依存する様子を数値解析により調査した報告がなされた。なお，このセッションの聴講者はおそよ 40 名であり，そのうち 15 名程度が現地参加であった。

11.1 材料系　山梨大 長尾

「 基礎物性（材料系） 」 では、10 件の口頭発表と 2 件のポスター発表があった。

銅酸化物超伝導体関連 3 件、鉄系超伝導体関連 3 件、ニッケル系酸化物超伝導体関連 1 件、計算や機械学習を用いた新規超伝導体探索関連 3 件、機械学習による合成プロセスの検討 1 件高圧合成装置による新規超伝導体探索 1 件、であった。

超高圧によって合成される水素化物の室温超伝導に関する研究が実験・計算の両方面から進められており、ダイヤモンドアンビルセルを用いた高圧での水素化物合成装置の報告や計算による高圧下での水素化物の安定性に関する報告があった。また、第一原理計算による新規高温超伝導体候補物質に関する報告もあった。最近、各分野で盛んに進められている機械学習を取り入れた研究として、新規超伝導体の探索や合成プロセスへの適用に関する報告があった。FeSe 薄膜の作製においてステップテラス構造の基板を用いることで結晶性が向上することや膜厚によって超伝導転移温度が変化することなどが報告された。$(Ba,K)Fe_2As_2$ 薄膜の作製においてバッファ層を用いることで、高い臨界電流密度を有する試料が得られることが報告された。薄膜において報告があるニッケル系の無限層構造超伝導体について、バルク試料作製の試みについて報告があり、X 線回折では相が得られており、今後超伝導特性の評価が期待される。無限層銅酸化物薄膜を PLD 法によって作製する試みについて報告があった。$DyBa_2Cu_3O_x$ において、永久磁石による低磁場での配向の可能性について報告があり、応用面を見据えた新たなプロセスとして注目される。$Pr_2Ba_4Cu_7O_x$ の NMR 測定においてダブルチェーン層のスピン緩和時間と温度の関係から超伝導転移にダブルチェーンがかかわっている直接的なデータが報告された。銅酸化物超伝導体の機構解明に関わる重要な結果になるものと期待される。超伝導に関する様々な物質を対象に活発な議論が展開された。久しぶりの対面を交えたハイブリット開催となり、口頭発表では、ほとんどの講演で質問時間がオーバーする盛況ぶりで、対面による講演会の重要性が示され、実りのある講演会であった。

また，最近注目されている超高圧下での超伝導研究について，これを大きく進展させる可能性のある装置開発や人工超格子を用いた超伝導体の設計といった超伝導研究の新たな手法に関する研究も報告され，層状ダイカルコゲナイド関連 2 件、ダイヤモンドアンビルセル

による新しい合成・計測装置の開発等に関するもの 2 件であった。層状ダイカルコゲナイドへのインターカレーションに関する研究報告が 2 件あった. 超伝導体を人工超格子から設計するという独自の手法によって高い超伝導転移温度が実現できる可能性について報告があり, 高温超伝導体を探索する上での新たな手法として期待される. K の存在によって作製が難しい(Ba,K)Fe_2As_2 の薄膜をバッファー層を用いることで, 結晶性の高いものが得られたという報告があった. バイクリスタル基板上に Fe(Se,Te)薄膜を作製し, 粒界の接合角依存性について系統的に調べたという報告があった. 極薄膜において高い超伝導転移温度が報告されている FeSe についてパルスレーザー堆積法によって薄膜の作製に成功したという報告があった. Fe(Se,S)において S を置換することで生じる面内歪によって磁気転移点に変化が起こることが報告された. ダイヤモンドアンビルセル内で, 圧力を印加し, 加熱ができ, 電気抵抗の測定ができる装置や電気抵抗測定と X 線回折測定が同時に行える装置に関する報告があり, 超高圧下でのその場(in-situ)測定の敷居が大きく下がることが期待される. 圧力合成によって $CuSr_2CaCu_2O_{7-\delta}$ の良質な試料が得られたという報告があった.
Y-124 に Ca と Sr を置換し, 超伝導転移温度等の特性を系統的に調べたという報告があった. 銅酸化物や MgB_2 を作製する際の熱処理前の粉末に圧力を印加することで, より稠密な試料が得られるという報告があった. Eu-123 単結晶を含水蒸気酸素雰囲気中で熱処理することで, 酸素拡散が高速化し, これが試料内に生じる積層欠陥によるものであるという報告があった. Dy-123 に 10T の間欠回転磁場を印加した試料について, 透過電子顕微鏡によって配向していることを直接観測したという報告があった. Pr-247 の NMR スペクトルをより高精度に測定することに成功し, CuO_2 面が超伝導に寄与していないというより確実な証拠が報告された.

11.2 関西学院大　尾崎

11.2「薄膜，厚膜，テープ作製プロセスおよび結晶成長」では 3 月 22 日に 4 件のオンサイトでのポスター発表と 3 月 23 日に 10 件のハイブリットでの口頭発表があった。内訳は，Bi 系超伝導膜で 2 件，REBCO 超伝導膜で 5 件，鉄系超伝導膜で 1 件，Bi-S 系超伝導膜で 1 件，REBCO 超伝導膜のシミュレーションで 1 件，Bi 系超伝導線材の接合で 1 件，中間層で 2 件，$NbSe_2$ で 1 件であった。山下(都立大)らは，核融合炉などの放射線環境下での耐性向上を期待して, Nd:YAG レーザーによる PLD 法を用いて高エントロピーREBCO 薄膜の作製を試みた。RE＝Y, Eu, Sm, Dy, Ho を含む高エントロピーREBCO 薄膜は，STO 基板に c 軸配向し，T_c と J_c に大きな低下は見られなかったため，放射線環境下での応用に期待できると報告した。元木(青学大)らは，REBCO 膜への後熱処理による欠陥制御により，成膜手法によらない汎用的な高 J_c 化手法の確立を目指している。含水蒸気酸素雰囲気中での後熱処理の諸条件の内，熱処理温度 300-350°C で最も欠陥生成量が多く，水蒸気分圧・熱処理時間の増加に伴い積層欠陥量が増加した。Hendricks and Teller 法から算出した積層欠陥量が 0.1 を超えると J_c が大きく低下することを示した。また，200°C 以下の熱処理温度では低温・低

磁場中で顕著な J_c の改善が見られたと報告した。土井(京大)らは，Ni メッキ Cu テープ上に導電性中間層としてドープ率 0.05 の Nd ドープ STO(Nd-STO)を PLD 法により形成し，その上に YBCO を作製した。試料が酸素雰囲気中で高温に曝される時間を短縮するために周波数をあげることで，Nd-STO の抵抗率が一桁低下した。また現時点で得られている J_c は低いが，条件を最適化すること $J_c > 1$ MA/cm^2 は期待できると報告した。武田(NIMS)らは，Bi-2223 多芯線材の超伝導接合技術開発のため，接合 I_c 制御指針の確立を目指し，一軸プレス圧力 P の最適化を行った。独自に調製したスラリーを用いて，~0.3°傾斜での研磨でフィラメントを露出させた 2 本の線材を一軸プレス後，焼成して接合した。その結果，圧力が低い場合にも接合界面で高 I_c の達成に十分な粒間結合が形成された。さらに，良好な粒間結合の形成とフィラメントへの機械的劣化の抑制を両立させて高 I_c を示す圧力条件が存在すると報告した。坪田(北九州高専)らは，化学気相輸送(CVT)法を用いて作製した針状 $NbSe_3$ 結晶からの脱カルコゲン反応によって，層状化合物である $NbSe_2$ を針状化して合成した。X 線回折やエネルギー分散 X 線分析により，$NbSe_2$ であると確認した。また通電測定の結果，バルク結晶とほぼ同じである 7.09 K の超伝導転移温度を示したと報告した。

11.3　九産大　末吉

11.3「臨界電流・超伝導パワー応用」では 3 月 23 日の午後に 12 件の口頭発表があった。Jha（九工大）らは，PLD 法で作製の GdBCO 薄膜中に径の細いナノロッドを形成するために CaHfO3 を採用し，微細構造と臨界電流密度 Jc 特性について報告した．CaHfO3 は GdBCO 薄膜中で径 3-5nm の短尺のナノロッドを形成し，特に低温で Jc の向上に寄与するピン止め点として作用することを明らかにした．木内（九工大）らは，GdBCO コート線材の臨界電流密度特性に対する 2-10 MeV と比較的低エネルギーの Au イオン照射効果について報告した．50 K までの低温・中温度領域では，高エネルギーの重イオン照射と同程度の Jc の増加（未照射と比較して約 1.5 倍）を示すことが報告された．末吉（九産大）らは，複数の重イオンビームを用いて柱状欠陥の不連続性を制御し，高温超伝導薄膜の磁束クリープの影響について調べた，柱状欠陥の短尺化に伴い，磁化緩和率の減少に加えて，磁化緩和率がピークを示す温度が低温側にシフトすることを明らかにした．岡田（東北大）らは，短尺の有限長柱状ピンの径，長さ，配向のバラつきを考慮して，要素的ピン力（～Jc）の磁場角度依存性を数値的に求め，実験で観測されている長尺，短尺のナノロッドが導入されたときの c 軸方向の Jc のピークの形状を定量的に説明できることを示した．日景（東北大）らは，還元アニール処理した GdBCO 線材を用いて，面内横磁場下と縦磁場下の Jc に対する磁束ピン止めの影響について調べた．酸素欠損試料では，面内横磁場と縦磁場磁束線の並進運動を抑制する固有ピンがより有効となり，両者の Jc の差を小さくしている可能性があることを示した．土屋（名大）らは，PrBCO バッファ層上に成膜した YBCO 薄膜において大きな非対称性の臨界電流特性を得られることを示した．この試料を用いて 80 MHz の高周波信号から直流出力が得られたことを報告した．小林（東北大）らは，DI-BSCCO 線材から抽出したフ

ィラメントの 77 K 以下の低温領域における Jc 特性が，B ∥ c 方向でのランダムピンと B ∥ ab での固有ピンに，c 軸配向の分布を考慮することで定量的に説明でき，この線材がマグネット応用に十分な Jc 特性を有する可能性があることを示した．仙波（青学大）らは，Single-Direction Melt Growth 法を用いて結晶方位の異なる Dy123 溶融凝固バルクを作製し，その超伝導特性について報告した．All a-growth バルク試料では, seed plate からの高さ方向に対して Dy211 が均一に分布し，均質な組織が形成されていることを示した．木須（九大）らは，深層学習を用いた画像認識をリール式磁気顕微鏡法に適用することで Bi-2223 線材の局所欠陥の自動検出が可能であることを示し，また局所的な Ic が高い点でも欠陥があることを検出できることを報告した．高（九大）らは，磁気顕微鏡法による高温超伝導線材の局所 Ic 測定において高速かつ高解像度の画像検出を実現するために，超解像度技術に基づいた深層学習により，0.5 s/image で平均 25dB の高解像度の画像取得を達成したことを報告した．呉 (九大) らは, 高速応答に優れるホール素子を用いて高温超伝導線材の磁化緩和特性の 0.1 s 以下の初期緩和領域を測定することで，磁化緩和特性から求められる電流－電圧特性の電界領域を 10-8V/m から 10-5 V/m まで拡張することができ，通電特性の測定結果と一致することを報告した．廣田（艦磁研）は，船舶を脱磁するレーストラック形状の超伝導コイルが海底で電磁力に耐えうる支持構造について試算し，既存の材料および技術で可能であることを報告した．

11.4　名古屋大　山下

3/23（水）午前に、SQUID、高温超伝導体物性・コイル応用に関する発表が行われた。オンライン参加者は 30-40 名程度であった。豊橋技科大の林らにより、Ga-FIB を用いた HTS-SQUID 開発に関する発表が行われた。従来のバイクリスタルによる SQUID の課題であった磁束ノイズ低減を目指し、磁束トラップしづらいナノブリッジ構造を採用し Ga-FIB により作製した。金保護層の膜厚を 5 nm まで低減により Ga 拡散を抑制することができ、77K において SQUID として動作することを示した。ノイズ低減効果の詳細評価を含め、今後の開発が期待される。また産総研の三澤らにより、収束ヘリウムイオンビームによる YBCO ジョセフソン接合に関して報告された。マイクロ波照射実験により明瞭なシャピロステップが観測されジョセフソン接合の作製に成功した。

3/24（木）午前に、ナノワイヤ素子やミキサ、光子検出器等に関する発表が行われた。オンライン参加者は 30 名程度であった。情報通信研究機構の美馬らは、中赤外域帯の超伝導ナノワイヤ光子検出器（SNSPD）の開発に関して報告した。誘電体多層膜上に膜厚 5.6 nm, 線幅 80 nm の NbTiN ナノワイヤを作製し、InF3-SMF を用いた波長 4 um 用セットアップを構築し評価を行った。その結果、黒体放射由来のダークカウントが 4 桁増大したが、ファイバーと素子間距離を 10 mm と広げることで低減した結果、波長 4.33 um の QCL 光源に対する光応答も確認した。また同機構の三木らは、SFQ 回路による時間多重方式を採用した多チャンネル SNSPD システム開発に関し報告した。3 個の SNSPD と SFQ 回路を接続し、各素

子からの出力信号が明瞭に時間軸において分離可能なことを示した。

11.5　横国大　山梨

11.5「接合，回路作製プロセスおよびデジタル応用」では、講演奨励賞受賞記念講演 1 件を含む 19 件の口頭発表が行われた。今回の現地とオンラインでのハイブリッド開催のため、特に現地での講演の際に画面の共有に手間取る場面が多かったが、なんとか予定通り講演を進めることができた。名古屋大の Li 氏から、前回の講演会での講演奨励賞受賞記念講演として、超伝導半磁束量子回路の重要な構成要素である p- p- p SQUID の希釈冷凍機中での特性評価が報告された。今後、複雑な回路への応用を進め、将来的には超伝導量子ビットの操作への応用を狙うとのことであった。NEC からは開発中のジョセフソンパラメトリック発信器を量子ビットとした量子アニーリング回路の実装に関する報告があった。その他、産総研からの量子アニーラーや、名大、横国大からの超伝導量子ビット制御回路、東北大からの超伝導共振器の Q 値改善など、量子情報処理技術に関する研究発表が多く見られた。横国大からは断熱磁束量子パラメトロン、単一磁束量子の両方によるストカスティック演算回路の発表があり、さまざまな応用への展開が期待できる。