

	項目の名称	磁場	マップ上の説明	詳細な説明
1	光ポンピング原子磁気センサー	$10^{-15}$ T弱	最も弱い磁場を測ることができる方法です。	光ポンピング磁力計（磁束計）などもいう。原子核の共鳴過程を利用した磁力計であり、比較校正を必要としない絶対測定が可能である。ルビジウムやセシウムなどのアルカリ金属の蒸気をガラス管に封入し、これに特定の波長の光を当てながら高周波磁場を印加する。高周波磁場の周波数を変えていくと、特定の波長の光が吸収されることがある。そのときの高周波磁場の周波数から、周囲の磁場の強度が測定できる。光ポンピング原子磁気センサーの検出限界磁場は原理的には $0.01\text{fT}/\text{Hz}^{1/2}$ の実現が可能といわれている。
2	SQUID磁気センサー	約 $10^{-15}$ T以上	SQUID（超伝導量子干渉素子）は磁場を磁束量子の周期性をもつ超伝導ループの特性を利用した磁気センサーとして、特に医療分野で広く用いられています。	SQUID（超伝導量子干渉素子）とは、ジョセフソン接合を用いた超伝導デバイス（磁気センサー）であり、微小な磁場を測定するのに使用される。液体窒素温度（77K）付近で動作する高温超伝導（HTS-SQUID）と液体ヘリウム（4.2K）付近で動作する低温超伝導SQUIDがあり、検出限界磁場は一般的にそれぞれ $10^{-15}$ T強および約 $10^{-15}$ Tであるが、後者ではこれまでに約 $0.1\text{fT}/\text{Hz}^{1/2}$ の磁場感度が報告されている。
3	人体が発する磁場	約 $10^{-14}$ ~ $10^{-9}$ T	脳や心臓など人体の各部分は通常の活動や、外部からの刺激や磁性を持った混入物によって磁場を発生します。非常に弱い磁場ですが、SQUID磁気センサーを用いた診断によって、異常な状態やそれが起きている場所を知ることができます。	<b>&lt;脊髄で誘発される磁場：約<math>10^{-14}</math>T&gt;</b> 末梢感覚神経、脊髄あるいは脳に電気的あるいは生理的刺激を加えたとき、脊髄を伝導する電位を脊髄誘発電位という。脊髄誘発磁場はこの電位変化により発生する磁場をSQUIDを用いて計測したものである。脊髄損傷などの診断に用いることが提案されている。 <b>&lt;胎児の脳磁図：約<math>10^{-14}</math>T強&gt;</b> 胎児の脳から発生する磁場やその分布を計測したものであり、胎児の心磁図と同様に中枢神経活動の解析などに用いられる。 <b>&lt;誘発磁場：約<math>10^{-18}</math>~<math>10^{-14}</math>T&gt;</b> 触覚や視覚、聴覚などを刺激することにより発生する誘発磁場であり、SQUIDを用いて計測される。一般に $\alpha$ 波などより強度が弱い。 <b>&lt;<math>\alpha</math>波：約<math>10^{-11}</math>T&gt;</b> $\alpha$ 波は人や動物の脳が発生する電気的信号（脳波）のうち、8~13Hz成分のことをさす。安静（リラクセス）・閉眼時の自発脳波においては、他の周波数成分に比べて $\alpha$ 波の占める割合が高く、基礎律動の主成分となっている。MEGの中では比較的大きな強度をもっている。 <b>&lt;脳磁図：10-11~10-14T&gt;</b> 同期した脳の神経活動により生じる電流は非常に微弱な磁場を誘起する。このような脳の電気的活動によって生じる磁場を超伝導量子干渉素子（SQUID）を用いて計測した磁場や磁場分布図を脳磁図（MEG）と呼ぶ。計測されたMEGから磁場の発生源を特定する逆問題解析手法が開発されており、MEGは研究・医療両面に利用されている。例えばてんかんなどの脳外科手術の際に病変の位置を決定したり、脳科学研究の際に活動部位や機能を決定したりするのに用いられる。 <b>&lt;生体磁気&gt;</b> 人体は脳や心臓、筋肉や眼などが活動する際、微量な電流が流れて磁場を発生している。このように人体の活動に伴い発生する磁場を生体磁気と呼ぶ。 <b>&lt;胎児の心磁図：約10-11T&gt;</b> 胎児の心臓からの磁場。胎児情報の確かな把握は周産期管理において極めて重要であるが、この時期、胎児は電気伝導度の低い胎脂などに包まれているため心臓や中枢神経活動などの的確な情報を電气的に得るのが困難である。胎脂などは磁気的には透明なので、これらの活動を磁气的にとらえることが可能である。胎児心磁図は胎児の心電現象観察や心疾患診断に有効と考えられている。 <b>&lt;心磁図：約10-10T&gt;</b> 心臓由来の磁場。心臓が活動するとき、心臓の筋肉や神経細胞に流れる電流に伴い磁場が発生する。この磁場、もしくは計測した磁場分布を心磁図（MCG）という。電流が流れるとき体表に表れる電位差を計測する心電図が心疾患の診断に一般的に用いられているが、心磁図は他の臓器・組織の影響を受けにくく、電極を用いない非接触検査が可能などのメリットをもつ。 <b>&lt;肺磁場：約10-9T&gt;</b> 肺にたまった粉塵に含まれる磁性粒子の発する磁場。粉塵を長期間吸引すると肺の細胞に蓄積され、塵肺を引き起こす。ヒトの肺内に蓄積した磁性物質を外部磁界によって磁化し、この磁化した肺内磁性物質から生じる磁界を胸壁面上で計測・記録したものを肺磁図（MPG：magnetopneumogram）と呼び、肺機能検査などへの応用が試みられている。図は、可動ベッド、フラックスゲート型磁束計、磁化器、表示部からなる肺磁界計測装置（東京電機大学名誉教授小谷誠先生提供）を示す。

4	宇宙磁場	約 $10^{-13}$ T	宇宙空間にも磁場が広く分布しています。銀河間では $10^{-12}$ T程度、太陽系を含む銀河では $10^{-9}$ T程度の強さです。	<b>&lt;宇宙磁場：約<math>10^{-9}</math>T&gt;</b> 宇宙全体を一樣に貫いている磁場、および銀河間空間に不規則に分布している磁場の総称。両者ともおよそ $10^{-13}$ T程度の強さと推定されている。宇宙初期の物質分布のむらである密度ゆらぎが、宇宙で観測されている磁場の有力な起源である可能性が明らかにされている。
5	都市環境磁場	$10^{-6}$ ~ $10^{-8}$ T	私たちの生活場所での磁場で、場所、時間によって変動します。送電線や電車、自動車の走行などによって発生する磁場です。	
	電磁調理器による磁場	~ $10^{-6}$ T	高周波(数十キロヘルツ)の電流によって加熱するとき調理器のまわりに弱い変動磁場を生じます。	
6	地磁気	$2\sim 6 \times 10^{-5}$ T	地球は大きな棒磁石を内部に持った物体と見ることができ、地球のまわりには地磁気が発生しています。現在は北極部にS極、南極部にN極に相当する磁極があります。	地球が持つ磁気及び地球上に生じる磁場。ベクトル量であり、大きさと方向をもつ。現在は北極部にS極、南極部にN極に相当する磁極があり、それぞれ北磁極、南磁極と呼ばれます。これを利用してコンパスで方位を知ることができます。これらの磁極は北極点、南極点からずれていて、ゆっくりと動いています。地磁気は常に一定ではなく、絶え間なく変化しており、特に磁気嵐や激しいオーロラが発生したときには数秒から数日のスケールで激しく変化します。また、磁極の反転が過去7600万年の間に171回起こっており、反転時には地磁気が一時的に弱まります。また、地球は地磁気によって有害な太陽風から守られています。
7	ペースメーカー使用者の立ち入り制限の目安	約 $5 \times 10^{-4}$ T		心臓に装着されたペースメーカーは磁場のもとでは異常な動作をすることがあります。このため、異常動作が起こる可能性がある $5 \times 10^{-4}$ T以上の磁場がある場所には立ち入らないように制限が設けられています。
8	永久磁石	最高1.4 T	永久磁石には、フェライト磁石、アルニコ磁石、サマリウム-コバルト磁石、ネオジム磁石などがあります。最も強いのはネオジム磁石で、最高1.4 T、磁石表面の磁場は0.5 T程度です。ネオジムなどの希土類は、用途が広く、車などの最近の機器には欠かせない原料です。	<b>&lt;ネオジム磁石&gt;</b> ネオジム磁石は、ネオジム、鉄、ホウ素を主成分とする永久磁石で、永久磁石の中では最も強力で、日本で発明されたものです。永久磁石は様々な製品に使われていますが、特にネオジム磁石はハイブリッドカーや電気自動車のモーターには必要不可欠なものとなっています。ネオジム磁石は錆びやすいので、表面はニッケルなどによってメッキされています。 <b>&lt;フェライト磁石&gt;</b> フェライト磁石は鉄を主成分にした酸化物の磁石で1930年代に日本で発見されました。特に応用範囲の広い磁石で、磁石の粉末と樹脂を練り込んで成型したものなど、形態も様々に変えられます。 <b>&lt;アルニコ磁石&gt;</b> アルミニウム、ニッケル、コバルトの合金であるアルニコ磁石は、約1.2 Tの磁石として20世紀半ばまでは強力磁石の主流でした。今でも教材用磁石、スピーカー用の磁石に使われています。 <サマリウム-コバルト磁石>サマリウムとコバルトの化合物で、約1 Tの強力磁石です。約350℃の高温まで使えることが特長です。
	携帯機器の磁場	約0.03 T	携帯電話も磁場を出しており最も高いのはスピーカーの磁場で約0.03 Tです。但し5 cm離れると0.002 Tくらいに弱まります。携帯オーディオ機器の磁場は携帯電話のおよそ半分です。	
	オーディオスピーカーとマイクロフォン		電気の信号を空気の振動に変えるのがスピーカー、空気の振動を電気に変えるのがマイクです。これらでは永久磁石のそばにおいたコイルの振動を利用しています。	
	教材用磁石		一般教材用の棒磁石や馬蹄形(U字)の磁石はフェライト磁石やアルニコ磁石です。	
	モーター		モーターは電磁石コイルと永久磁石またはコイル同士の組み合わせで構成されています。コイルに超伝導線を用いたものもあります。	
9	磁気カードの保磁力	0.03 T、0.4 T	磁気カードの記録が保持される許容外部磁場。キャッシュカードなどでは0.4 Tですが、ネオジム磁石など強力な磁場で記録が破壊されます。	磁気カードでは、磁気ストライプ(磁石の粉末の縞模様プリント)に記録が残っています。

10	銅線などを用いた電磁石	約2 T以下	コイル状に巻いた銅線などの導体に電流を流すと磁場が発生します。これを電磁石と呼びます。コイルの中に鉄心を入れると、鉄心の端に強い磁場を発生します。また、弱い磁場を発生する用途にも使われ、たとえばICカードの読み取り装置にもコイルがあります。	鉄材に巻き付けた電線に電流を流して磁場を発生させる装置です。一様に電線を巻いたコイルに電流を流すと磁場が発生します。この電磁石に鉄芯を入れることで電磁石が発生する磁場が鉄に集中し、鉄心の先端にコイルだけの場合よりも強い磁場を発生させることができます。電磁石は、モータやスピーカーからクレーンまで様々な場所に使われています。
11	超伝導電磁石	最高23.5 T 30 T (開発中)	超伝導線を使ったコイルまたは電磁石。電気抵抗がゼロでジュール発熱がないので、銅線などよりはるかに高い電流密度で通電でき、強い磁場を大きな空間に作ることもできます。コイルの両端を超伝導線で結ぶと永久電流が流れ、電流が蓄えられると同時に磁場の変化がない電磁石になります。	超伝導線を用いた電磁石。超伝導線は銅線よりも大きな電流を流すことができるため、非常に強い磁場を発生させることができます。現在最高はNMR用の23.5Tですが、米国や日本では高温超伝導線を用いた30Tの超伝導マグネット開発が進行中です。
	シリコン単結晶育成装置	約0.3 T	半導体産業を支えているのは高純度のシリコンです。99.9999999%以上の高純度の大型のシリコン単結晶の育成は一对の大型の超伝導磁石にはさまれた空間で行われています。	
	超伝導リニア新幹線	約1 T	中央リニア計画。車両に載せた約1 Tの磁場を発生している超伝導磁石と線路の側壁に並べた金属コイルの通電および誘導電流によって浮上走行します。	超伝導磁石によって浮上して走る高速鉄道。車載された超伝導磁石で約1 Tの磁場を発生し、レールに並べたコイルによって浮上走行します。最高速度は581 km/hを記録し、東京—大阪間を約1時間で結ぶ営業運転を目指して建設計画が進行中です。超伝導コイル中心の磁場は約5 Tです。
	磁気共鳴診断装置(MRI)	9 T以下	人体をはじめ物体の内部の様子を調べることができる装置で、主に医療用に用いられています。磁場が強いほど解像度が良く、一般的なMRI装置の磁場は1 T程度です。	磁気共鳴を用いた断層診断では、大きな超伝導磁石が欠かせません。磁場を強くすると、より早く細かな断層写真を撮影することができます。一般的な病院にあるものは1T程度、最高では9TのMRIが使われています。
	磁気分離装置	1~10 T	汚染された水や産業排水を浄化する装置。あらかじめ磁石にくっつきやすい磁性体を汚染物質に結合させ、磁場と磁場勾配の積が大きい(磁気力が強い)ところに集めて分離します。	強い磁場勾配(磁場変化の大きさ)をつかって、水の浄化を行います。分離したい成分に磁性体を結合させることで、磁石に着くようになります。ここに強い超伝導磁石を持つことで効率的に水の浄化を行います。超伝導バルクを使う場合と超伝導磁石を使う場合があります。
	加速器	~9 T	磁場は高速粒子の軌道を曲げるために必要で、また粒子を加速するために超伝導空洞が使われます。物質の根源や宇宙誕生時の物質の起源にせまる研究では超伝導電磁石を用いた巨大な加速器が運転されています。また、加速器で作られた炭素の粒子線はがん治療の最も有効な方法の一つです。	<b>&lt;高エネルギー物理用加速器(LHC@CERN)&gt;</b> 強い磁場を使って粒子を加速するため、加速器には超伝導マグネットが不可欠です。高エネルギー粒子を用いて、物質の根源や宇宙誕生時の物質の起源にせまれます。ヨーロッパにある世界最大の加速器(一周27 km)LHC施設では、約9Tの磁場を発生する大型の超伝導電磁石が、約1700個も用いられています。
	超伝導磁気エネルギー貯蔵装置(SMES)	~11 T (計画中)	超伝導電磁石には電気エネルギーを貯めることができます。工場における安定な電力供給に使われているほか、自然エネルギーを有効活用するための応用が考えられています。	超伝導磁石は原理的に電気抵抗がないため、電気を磁気エネルギーとして貯めることができます。これは化学エネルギーとして貯める電池などは大きく異なっています。不安定な自然エネルギーを一旦ためることで、電力供給の安定化や、昼間に太陽光などで発電したエネルギーを夜間に貯めておくなど、エネルギーの有効活用が考えられています。
	核融合 (国際熱核融合実験炉 ITER)	~13 T (建設中)	太陽と同様な核融合反応を起こすことによって大規模かつクリーンな発電を行う壮大な計画で、超伝導磁石は1億度に達する高温のプラズマを磁場で閉じ込める役割を担います。	核融合は人工太陽を作ることによって大量のエネルギーを獲得する壮大な計画です。高温のプラズマを狭い空間に閉じ込めることで、原子核同士が反応し核融合という太陽と同じ現象が起きます。この現象を利用して、クリーンな発電を行う計画が核融合発電です。超伝導磁石は一億℃に達する高温のプラズマを閉じ込める磁場の容器を作り出します。
	核磁気共鳴(NMR)	23.5 T 30 T (開発中)	物質の構造や状態を調べる装置で、磁場が強く安定なほど精密なデータが得られます。このため磁場は超伝導電磁石を超伝導の閉ループにして発生しています。	核磁気共鳴(NMR)を用いて、高分子の構造を調べるための装置。磁場(プロトンの共鳴周波数)が高いほど分解能が高くなり、より大きな分子の構造解析ができます。現在、最高分解能は23.5Tの強磁場を用いた1GHz-NMRである。現在、高温超伝導線材を用いた30T (1.3GHz) NMR装置の開発も行われている。
12	超伝導バルク磁石	最高17 T	超伝導体の塊つまりバルクは、それに減衰しない電流(永久電流)を誘導して、磁石にすることが可能です。科学関係のイベントで磁気浮上の展示に使われているほか、強力な磁石として磁気分離やペーリング、フライホイールなどに使うことができます。	超伝導体には、磁場をトラップする性質(磁束ピンニング)があります。これを活用することで、とても強い擬似永久磁石として利用できます。現在のところ最高17 T (通常の永久磁石の30倍以上)のバルク磁石が報告されています。この強い磁気を利用して、磁気分離やドラッグデリバリー(磁石の力で薬を患部に集める治療法)などが研究されています。

13	超強力電磁石	45 T	超伝導磁石で発生させた磁場の中に、銅で作られた大型の電磁石に水で冷やしなが ら大電流を流し、合わせて最高45Tの磁場が発生されています。これが長時間発生できる強磁場の記録です。	<p>&lt;水冷銅磁石&gt;</p> <p>電磁石を大量の水で冷やしなが ら使うことで、強い磁場を発生する磁石。大きな電力と冷却設備が必要で、大きな電力を使うほど磁場が強くなります。おおむね20 MWの電力で35 T程度の磁場を発生することができます。</p> <p>&lt;ハイブリッド磁石&gt;</p> <p>大きな超伝導磁石の内側に水冷磁石を入れるとさらに強い磁場を発生できます。現在は、アメリカのフロリダで超伝導磁石14 T、水冷磁石31 Tで最高45 Tの磁場の発生が世界記録です。この磁場は、長い時間発生できる世界最高磁場（世界最高定常磁場）としてギネスブックにも載っています。</p>
14	パルス磁石	100 ~2500T	ごく短時間だけ磁場を発生する装置で、最高100 Tまでの磁場を発生します。また、磁場の高い空間を爆発によって圧縮すると2500 Tが発生します。これが人工的に発生できる最高の磁場です。	<p>&lt;非破壊パルス磁石&gt;</p> <p>パルス磁石は電線をコイル状に巻いた電磁石の一種ですが、大電流を数ミリ秒という非常に短い時間に流す（これをパルス電流という）ことで、定常的に得られない非常に強い磁場を発生させる磁石です。電磁石で強い磁場を発生させると、コイルには非常に大きな力が発生するため、際限無しに大電流を流すとコイルは壊れてしまいます。コイルが壊れない範囲で強い磁場を発生させるのが非破壊パルス磁石です。</p> <p>&lt;破壊型パルス（電磁濃縮法）磁石&gt;</p> <p>電磁濃縮法は、内外2つのコイルからできた電磁石を使って瞬間的に非常に強い磁場を発生させる方法です。外側の1次コイルが2次コイル内側に配置した中空円筒（ライナー）内に作る磁場を2次コイルに発生する電磁力でライナーを押しつぶすことで圧縮します。磁場の発生時間はマイクロ秒程度と非常に短く、磁場発生後、2次コイルは強力な電磁力によって破壊されてしまいます。</p> <p>&lt;破壊型パルス（爆縮法）磁石&gt;</p> <p>人類が発生させられる最高の磁場。爆縮法は磁場を爆薬の力で圧縮して強い磁場を作る方法です。金属の中空円筒（ライナー）内部にあらかじめ磁場を発生させておき、ライナーの外側におかれた爆薬を爆発させてライナーを押しつぶして磁場を圧縮します。磁場の発生時間はマイクロ秒程度で、爆発によって全てが破壊されます。</p>
15	中性子星	約 $10^{12}$ T		恒星が超新星爆発によって収縮した姿である中性子星は、1億T程度の非常に強い磁場を持っていると推定されています。また、恒星の終末期の一つ、白色矮星は100 Tの磁場を持つとされています。ちなみに太陽表面の磁場は約10-4Tです。
	磁束量子	$2 \times 10^{-15} \text{ T/m}^2$	超伝導体内で量子化された磁束の最小単位です。 1m <sup>2</sup> あたり磁束量子が一つあるときは、 $10^{-15} \text{ T}$ の磁場に相当します。	
	鉄の飽和磁場	2.2 T		鉄は電磁石の中に入れたり、永久磁石でこすったりすると磁石になります。しかし、その強さは2.2 Tが限界です。