

高速CTスキャナ用軸受 Bearings for High Speed CT Scanner



大矢 洋右* Yosuke OYA

医療機器分野で特に注目を集めているCTスキャナの検査部(ガントリ部)用軸受について予圧仕様および保持器の材料・形状を工夫することにより、高速運転を可能にすると同時に大幅な騒音低減も達成した。その開発軸受の概要を紹介する。

The Industry of Medical Instruments is steadily growing because of an aging society.

In particular, the CT(Computed Tomography) scanner, which can be an effective tool for medical examination and inspection of patients, has attracted a attention as important imaging equipment.

To ensure smooth rotation of the gantry part of the CT scanner, a super slim large size angular contact ball bearing is used.

This article introduces development of the gantry bearing for higher speed rotation with a lower noise level.

1. まえがき

医療機器分野は、高齢化社会を背景に着実に成長しており、その中でもCTスキャナは患者の診断や検査を効率的に行う画像装置として特に注目されている。CTスキャナ(写真1)には検査部(ガントリ部)があり、画像撮影のためのX線管球、検出器などが回転部分に

設置されている。この回転部分支持用として内径約1mの軸受が使用されており、本稿では、CTスキャナ性能向上に対応できる回転支持用軸受(ガントリ用軸受)の開発について紹介する。



写真1 CTスキャナ概要
CT scanner

2. ガントリ用軸受の要求機能

ガントリ用軸受への要求機能として主に以下のものが挙げられる。

(1) 高速化

ガントリ用軸受の高速化により、撮影時間を短縮することができ、患者の負担を軽減できる。すなわち、患者が息を止めている時間を短縮し、特に幼児や高齢者への負担を軽減でき、さらには撮影による被曝量の低減も高速化の重要な目的でもある。

また、軸受を高速回転することにより撮影速度も速くなり、これまで正確な撮影が困難であった心臓などの臓器の動きも高精度な撮影が可能となる。さらに一日あたりに診断可能な患者数も増え、CTスキャナの稼働率が上がる。

(2) 静粛性

ガントリ用軸受の騒音を下げることにより、撮影時の患者の不安を和らげると同時に、臓器の萎縮を防ぐことができる。

3. 構造

図1にガントリ用軸受の構造を示す。ガントリ用軸受は、X線管球や検出器などの撮影機器を取付けたベースを支持しながら回転するため、軸受にはモーメン

ト荷重が作用する。一般に低中速機種にはコンパクト性から単列タイプの4点接触超薄肉玉軸受が使用されるが、中高速機種には、軸受内部における発熱の抑制や剛性を確保するため、組合せ複列アンギュラ玉軸受が使用される。特に、高速機種に採用される組合せ複列アンギュラ玉軸受には、以下の特長が挙げられる。

(1) 予圧仕様

軸受内部にすきまが残っている場合、軸受回転時に転動体が軸受内部を一周する間に、無負荷となる状態が発生する。この無負荷となる領域では、転動体が自重により軌道輪と衝突する音が発生する。ガントリ用軸受は静粛性を要求されるので、衝突音の発生を防ぐため、開発軸受は予圧仕様としている。

図2は軸受にモーメント荷重が作用したときの軸受内部にすきまが発生している状態と、軸受全体に予圧が適切に付与されている状態を示している。横軸は、軸受内部全周に配置された転動体位置(この場合110個)を示し、縦軸には転動体と軌道輪の接触面圧を示している。適切な予圧を設定することで、軸受内部全周に転動体が無負荷となる状態がなくなることが明瞭である。また、適切な予圧仕様は、必要な軸受剛性を確保し、撮影精度を向上させることにも寄与する。

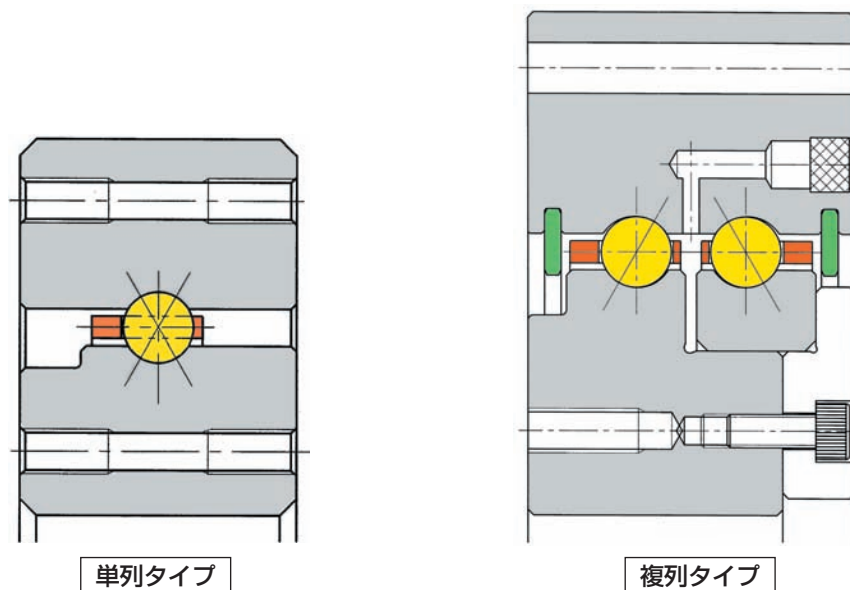


図1 ガントリ用軸受概要
Schematic of CT scanner bearing

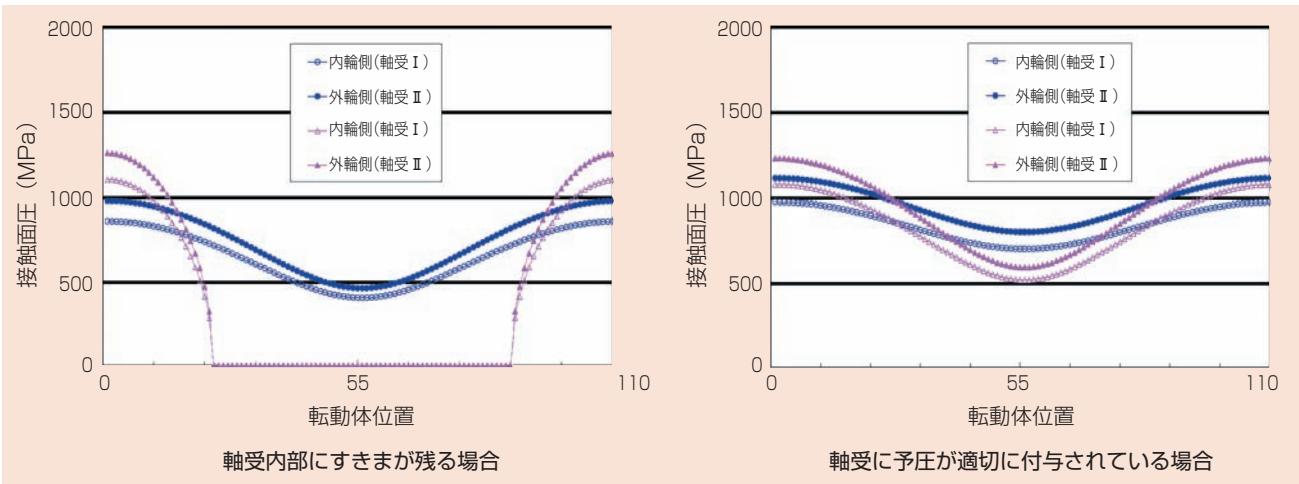


図2 各転動体と軌道輪との接触面圧の関係
Relationship of contact stress between each ball position and inner/outer ring

(2) 低騒音保持器の開発 (表1, 図3)

低騒音化において特に重要な要素として、保持器の最適設計化が挙げられる。特にガントリ用軸受のような薄肉大型の保持器は、樹脂製の連結方式を採用している。

従来は樹脂材としてPA材を採用していたが、保持器が吸水することによる寸法変化を引き起こし、軌道輪との干渉や保持器本体への応力発生を招く。このため、従来は保持器全周を連結せずに、自由度を持たせた部分(開口部)を設定していた。

しかし、この開口部は軸受内部で拘束されないうえに、軸受回転中に軸受内輪及び外輪との衝突音(叩き音)が発生し、この叩き音が耳障り要因の一つとされていた。

開発保持器は、この衝突音をなくすために開口部を廃止して保持器全周を連結させ、回転中

に保持器が軌道輪と干渉しないよう、保持器を転動体で案内する転動体案内方式とした。また、保持器材料を従来のPA材に代えてPPS樹脂製保持器を採用し、さらにGFを30%を増やすことにより保持器剛性を高めた。既述した開口部の廃止は、PPS樹脂材が吸水による寸法変化を起こさない特性を考慮した結果である。

表1 保持器形状の比較
Comparison of cage type

	従来保持器	開発保持器
開口部	あり	なし
材質	PA66+GF10%	PPS+GF30%
ポケット形状	円筒, 四角 (交互)	特殊球面
案内形式	—	転動体案内
音響	聴覚判定: × × 開口部の叩き音あり × 保持器と軌道輪との接触音あり (× 転動体の落ち音あり)	聴覚判定: ○ ○ 開口部の叩き音なし ○ 保持器と軌道輪との接触音なし (○ 転動体の落ち音なし)

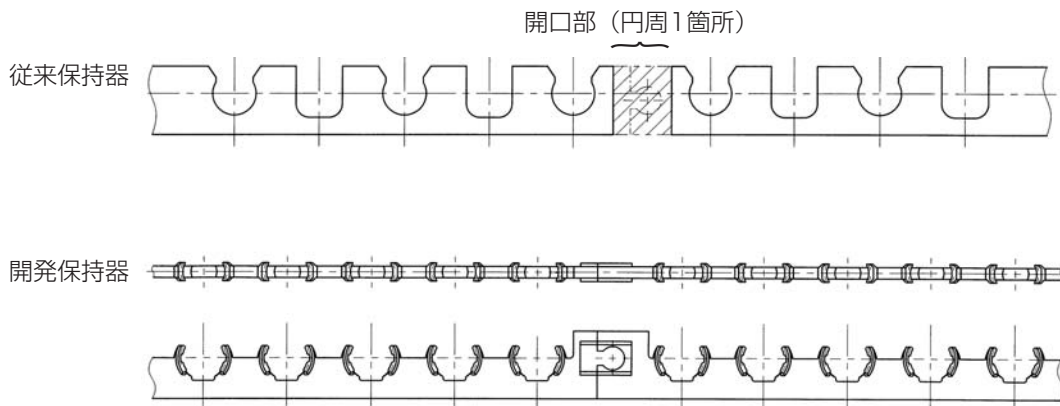


図3 保持器形状
Cage forms

4. 要求機能の確認試験結果

前頁で述べたガントリー用軸受の要求機能について各試験結果を以下に紹介する。

(1) 高速化

(試験内容)

写真2に示すような性能評価用試験機のバックプレートに複列アンギュラ玉軸受(約 $\phi 800 \times \phi 1000 \times 60$)を取付け、軸受幅中心位置より約150mm離れた位置にウエイトを設置し、ラジアル荷重8000Nが負荷される条件で試験を実施した。また、試験時の設定チルト角として、一般にCTスキャナで採用されている可動チルト 0° (直立), $\pm 30^\circ$ (前後方向)にて評価を行った。

(試験結果)

図4に軸受回転数と軸受外輪温度上昇の関係を示す。現在のCTスキャナの高速機種は、ガントリー口径にもよるが軸受回転速度は $120 \sim 180 \text{min}^{-1}$ である。本機能確認試験では 300min^{-1} ($d_{\text{mn}} = 27$ 万)においても特異な温度上昇はなく、現行比約2倍の高速回転においても、安定して運転できることが確認できた。



写真2 性能評価用試験機
Test equipment

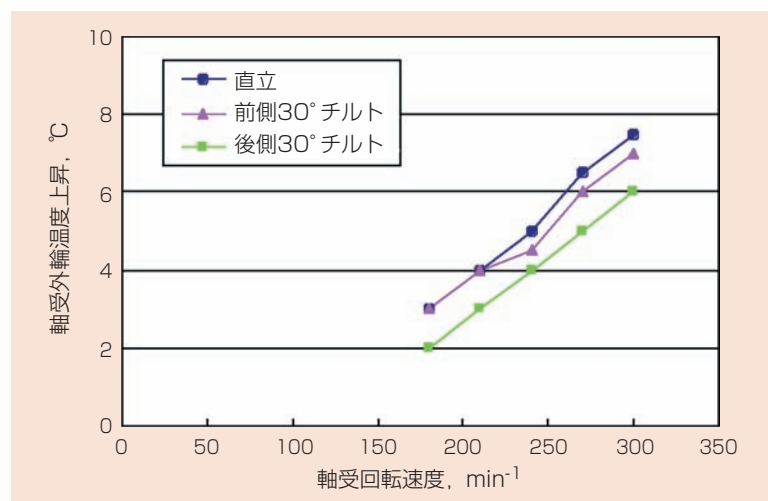


図4 高速回転速度試験結果
High speed rotation test results

(2) 静粛性

(試験内容)

写真3に示すような音響評価試験機のバックプレートに複列アンギュラ玉軸受(約φ1000×φ1200×80)を取付け、軸受幅中心位置より1m離れた位置にマイクロホンを設置し、音響評価試験を実施した。

(試験結果)

図5に示すように、騒音値は軸受回転速度に比例し増加しているが、開発保持器を搭載した軸受は、180min⁻¹でも従来保持器搭載品の60min⁻¹(72dBA)よりも3dBA低い結果である。

り、大幅な騒音値の低減を達成した。また、軸受の回転に同期する保持器音として代表される耳障りな音も聴取されなかった。

図6に120min⁻¹試験時の時間波形と周波数分析結果を示す。時間波形から、従来保持器を搭載した軸受は回転に同期したピークが顕著に認められ、周波数分析結果においては、特に1000~1500Hzの周波数帯域のピークが騒音として聴取された。一方、開発保持器を搭載した軸受は、騒音となる回転に同期したピークは認められず、全体としても低い音響水準を保持していることが認められた。

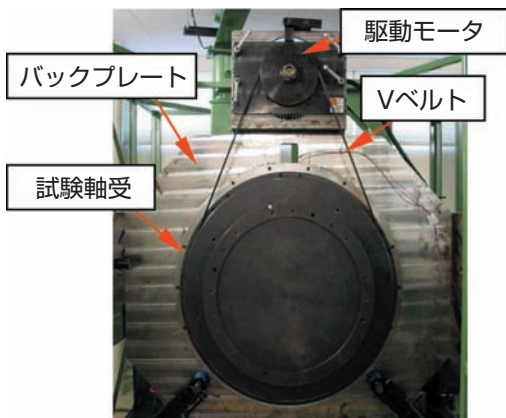


写真3 音響評価用試験機
Test equipment

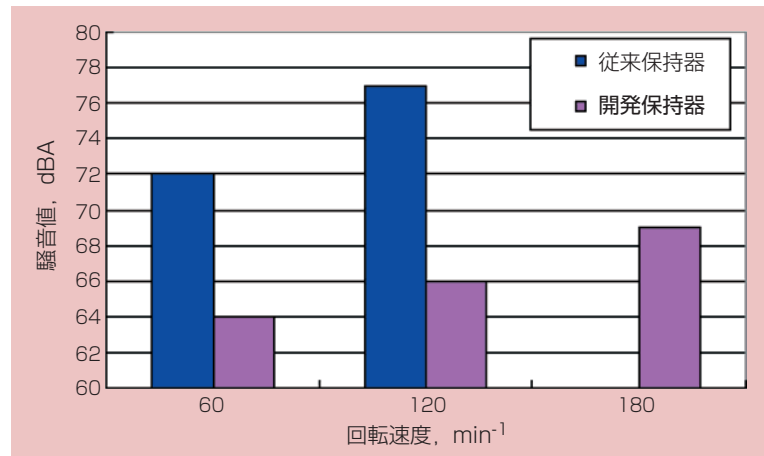
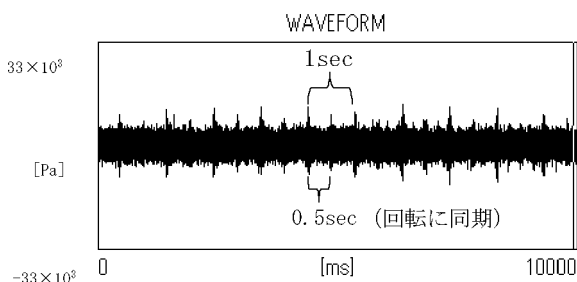
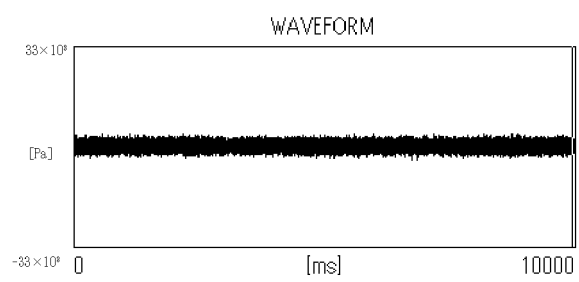


図5 音響評価試験結果
Noise level test results



従来保持器



開発保持器

図6 時間波形結果(120min⁻¹)
Wave form of noise (120min⁻¹)

5. まとめ

ガントリ用軸受の高速化に対応して、複列アンギュラ玉軸受に適切な予圧仕様、保持器材料と形状を採用することにより、高速運転を可能にするだけでなく、低騒音となる軸受を開発することができた。本軸受の開発により、CTスキャナの高速化、低騒音化に寄与するだけでなく、今後より一層、医療機器分野全体に貢献できるよう引続き軸受の開発に取り組んでいく。

執筆者近影



大矢 洋右
産機商品本部
産機技術部