

膀胱用超音波画像診断装置による 膀胱容積測定の精度

川崎 善幸, 根本 善誉, 田所 俊介, 鈴木 春佳, 瀬谷 善恭, 中野 修生

株式会社日立製作所ひたちなか総合病院 放射線技術科：茨城県ひたちなか市石川町 20-1 (〒 312-0057)

要 旨

膀胱用超音波画像診断装置を用い膀胱容積の測定精度について検討した。対象は前立腺癌で放射線治療を実施した 35 名で、膀胱用超音波画像診断装置と CT 画像より計測された膀胱容積の比較検討を実施した。その結果、おおむね膀胱用超音波画像診断装置のスペックの範囲内で計測可能なことが確認された。現在、放射線治療分野において超音波診断装置の利用頻度は少なく、今後の普及が望まれる。

キーワード 放射線治療, 携帯型超音波診断装置, 膀胱容積, 計測精度

はじめに

放射線治療において重要なことは、治療計画時と同様の状態で放射線治療を実施することである。治療計画時の状態を維持することが不可能な場合、治療効果の低下や正常組織の副作用の発生頻度が増大する危険性がある。特に下腹部領域である前立腺・膀胱・婦人科領域に対し放射線治療を実施する際には、膀胱容積を治療計画時と同様に保つ必要がある。膀胱容積を簡易的に把握する手法として超音波診断装置が挙げられるが、一般的な超音波診断装置は大型であり、設置場所の確保や膀胱容積の計測精度などの問題点も多い。今回、泌尿器科・婦人科領域で残尿量や排尿障害の診断に活用されており、海外などで使用報告のある¹⁻³⁾携帯型の膀胱用超音波画像診断装置の臨床導入を検討した。

超音波診断装置と膀胱用超音波画像診断装置の測定精度については大岡氏等が報告しているが⁴⁾、超音波診断装置による測定値はガスや超音波の深部減衰などによる影響を受けるため真値ではない。そこで、超音波診断装置のように死角が無く、膀胱全体を可視化でき、客観性に富む CT (Computed Tomography) 画像から計測した値を基準とし、膀胱用超音波画像診断装置の測定精度について評価を実施した。

対象および方法

1. 対象

2011 年 7 月から 2012 年 12 月の期間に、早期の前立腺癌に対し放射線治療を実施し、本研究に同意の得られた 35 名 (69.8 ± 5.5 歳) を対象とした。

2. 方法

膀胱用超音波診断装置にて膀胱容積を計測した後に、治療計画 CT にて撮影を行い、CT 画像を治療計画装置に転送した後に、治療計画装置にて膀胱 ROI を抽出し膀胱容積を計測した。膀胱用超音波診断装置による膀胱容積計測ならびに CT 画像を用いた膀胱容積計測の流れを図 1 に示す。なお、膀胱用超音波診断装置による計測は、超音波検査を 3 年以上経験した診療放射線技師が実施し、3 回計測した平均値を採用した。また、治療計画 CT の撮影条件は、120kVp, Auto mAs, slice gap/ slice thickness: 3mm/3mm とし、膀胱壁を関心領域とし計測を実施した。今回は、治療計画にて計測した膀胱容積を基準とし、相関性や誤差率について検討した。使用機器は表 1 に示す。

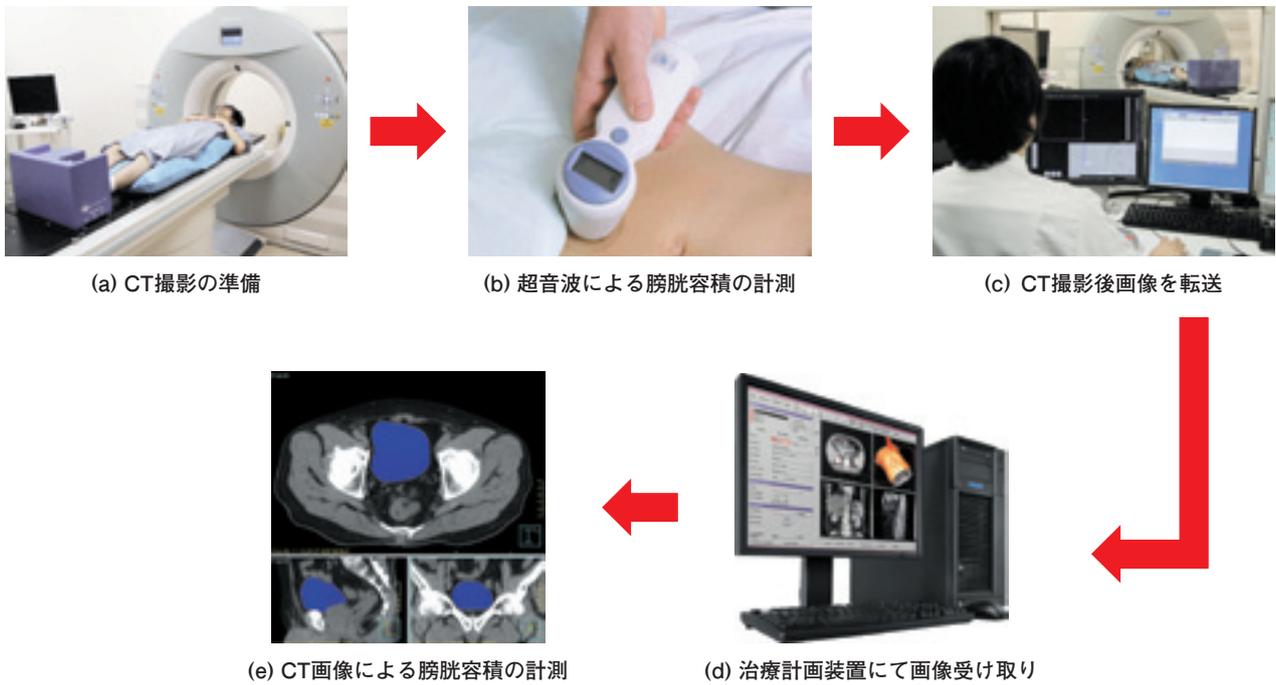


図 1. 膀胱容積計測の流れ

- (a) 治療計画用 CT 撮影の準備
- (b) 膀胱用超音波画像診断装置にて膀胱容積を計測
- (c) 治療計画 CT 撮影後に CT 画像を治療計画装置に転送
- (d) 治療計画装置にて CT 画像を受け取る
- (e) 治療計画装置にて膀胱 ROI を抽出し膀胱容積を計測

表 1. 使用機器一覧

モダリティ	装置名称
超音波診断装置	EUB-6500 (日立メディコ社)
膀胱用超音波診断装置	BladderScan BVI6100 (Verathon Inc./シスメックス社)
CT (コンピューター断層撮) 影装置	SOMATOM Definition AS+ (SIEMENS社)
治療計画装置	Pinnacle ³ ver.9.0 (PHILIPS社)

結果

1. CT 画像から計測した値との相関性

膀胱用超音波診断装置と CT 画像から計測した値との相関関係を図2に示す。膀胱用超音波診断装置の計測精度はスペック上、15%、± 15mL となっているため、計測誤差の範囲を図中に緑線に表示した。図2に示す通り、66 計測ポイントに対し 60 症例 (90.9%) がスペックの範囲内で計測されており、相関係数は $r^2 = 0.9091$ ($r = 0.9535$) と強い相関が認められた。計測誤差の平均値は $-0.56 \pm 14.74\%$ で、最大 33.65% から最小 -33.45% に分布していた。また、スペックの範囲外のデータを見ても若干の逸脱であることが確認された。近似式は $y = 0.9281x + 11.538$ であり、CT 画像

から計測した値より若干低くなる傾向が認められた。

2. CT 画像から計測した値との誤差

膀胱用超音波診断装置と CT 画像から計測した値との誤差の関係を図3に、CT 画像上の膀胱容積を 150mL 未満、150mL 以上 250mL 未満、250mL 以上に分類し誤差について解析した結果を図4、表2に示す。

CT 画像から計測した値を横軸にとりプロットすると、膀胱容積が大きいほど計測誤差が少なくなる傾向が認められたが、図4、表2より膀胱容積毎に評価を実施すると 150mL 以下と 250mL 以上では非正規分布を示し、150mL 以上 250mL 未満では正規分布を示すことが確認され、150mL 以上 250mL 未満が最も精密な計測が可能であることが確認された ($p > 0.05$)。

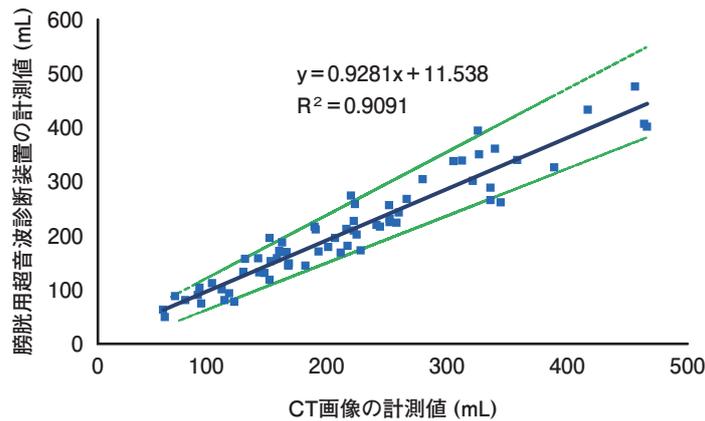


図2. 膀胱用超音波診断装置と CT 画像から計測した膀胱容積との相関関係

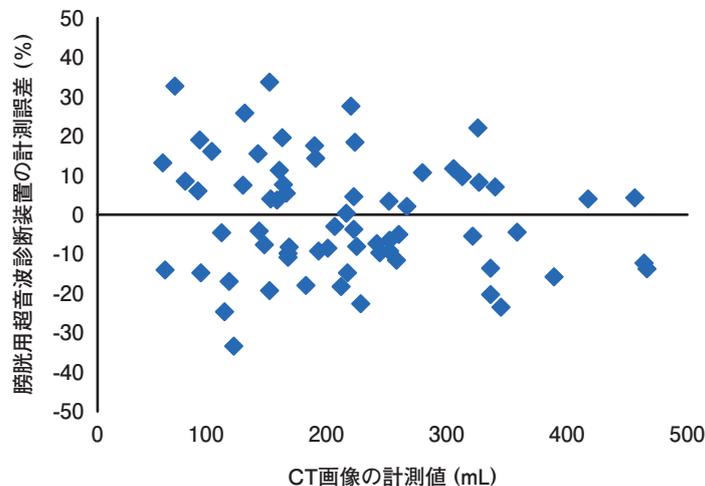
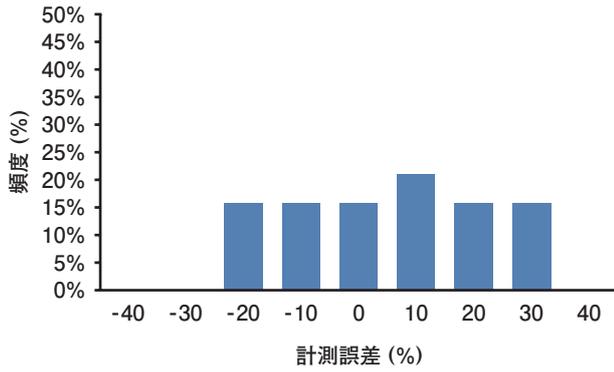
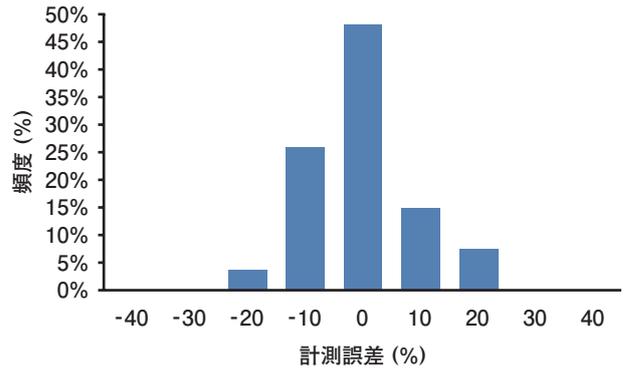


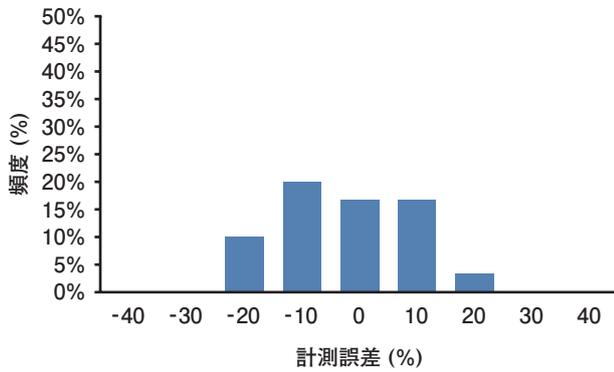
図3. 膀胱用超音波診断装置と CT 画像から計測した膀胱容積との誤差の関係



(a) CT画像から計測した膀胱容積が150mL以下



(b) CT画像から計測した膀胱容積が151~250mL



(c) CT画像から計測した膀胱容積が251mL以上

図4. 膀胱容積別からみた計測誤差ヒストグラム

表2. 膀胱容積毎の計測誤差の割合

CT画像における膀胱容積 (mL)	~150 (n=19)	151~250 (n=27)	251~ (n=20)
平均誤差率 (%)	2.1±19.0	-0.2±9.0	-2.7±13.5
最大誤差率 (%)	33.7	19.5	22.0
最小誤差率 (%)	-33.5	-18.0	-23.5

考 察

放射線治療の下腹部領域である前立腺・膀胱・婦人科領域にとって、治療計画時と放射線治療時における再現性を高める上で、膀胱容積の一定化が非常に重要である。放射線治療分野において膀胱容積の計測は超音波診断装置を用いるのが一般的であるが、超音波診断装置を用いた種々の計測法における誤差率は40%以上である⁵⁾。今回、放射線治療分野にお

ける膀胱容積計測にあたり、膀胱用超音波画像診断装置を使用する機会があり、現段階で膀胱容積を精度よく計測することが可能なCT画像と比較検討を実施した。その結果、おおむね膀胱用超音波画像診断装置のスペックの範囲内(15%, ±15mL)で計測可能なことが確認できた。超音波診断装置で報告されている誤差に比べ、膀胱用超音波画像診断装置の方が精度よく計測できた理由としては、本装置のスキキャン方式が大きく影響していると考えられる。超

音波診断装置における膀胱容積の計測には二断面の画像の Sagittal Height (H), Transverse Width (W), Transverse Depth (D) などを用い、仮想立体形を作成して計測するのに対し、膀胱用超音波画像診断装置は 15° 毎に 12 方向の画像 (180°) を作成し、これら 12 方向の画像より膀胱を抽出し積分した値が膀胱容積として計測されるため、より精密な計測ができた と推察される (図 5, 6)。

今回の結果から、膀胱用超音波画像診断装置は 50 ~ 450mL の範囲において膀胱容積を精密に計測できたが、膀胱容積によって計測精度が異なることも確認できた。また、151 ~ 250mL の範囲が最も精度よく計測できたが、その要因としては次の二点が考えられる。第一に、膀胱容積が少ない場合には膀胱が

恥骨側まで落ち込むことが多く、腸管 (小腸・大腸) のガスや恥骨後方の音響陰影によるアーチファクトを受けやすくなったことが影響したのではないかと考えられる (図 7)。第二に、膀胱容積が大きな場合であるが、超音波の深部減衰やスキャンアングル 120° を超えた範囲に膀胱がある場合に画像情報が得にくくなることから、計測精度が落ちたのではないかと考えられる (図 8)。

以上、述べたように膀胱用超音波画像診断装置は簡便かつ正確に膀胱容積の計測が可能である。現在、放射線治療分野において超音波診断装置を活用している施設はあるが、装置が大型であることや計測精度が低い点から普及は望めない。一方で、今回検討した膀胱用超音波画像診断装置は、コンパクトな携

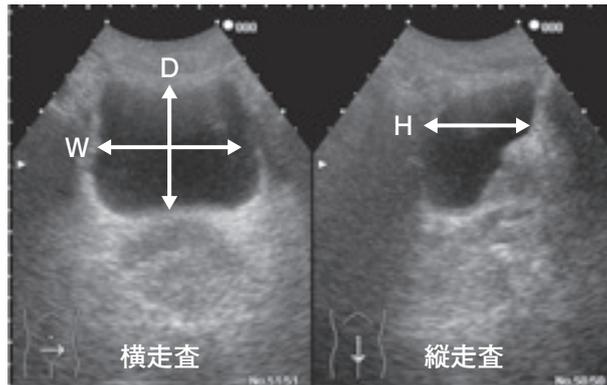


図 5. 超音波診断装置における計測方法
図に示すような W, D, H などの断面から膀胱容積を計測

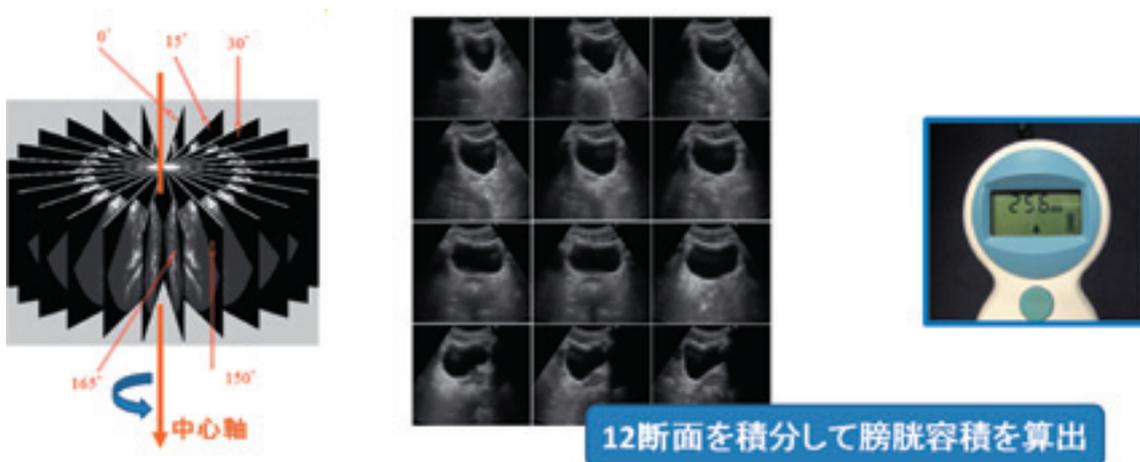
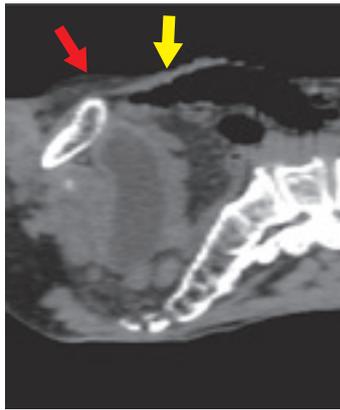
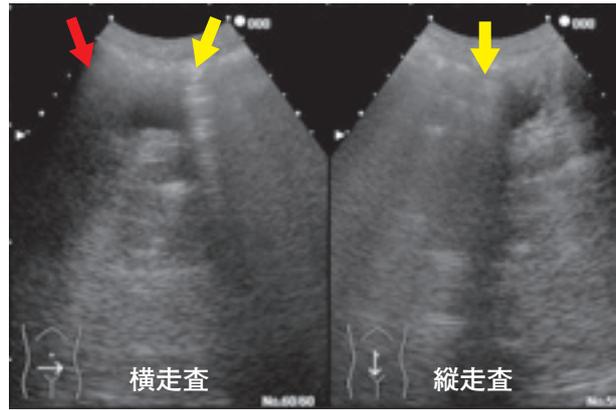


図 6. 膀胱用超音波画像診断装置の計測方法



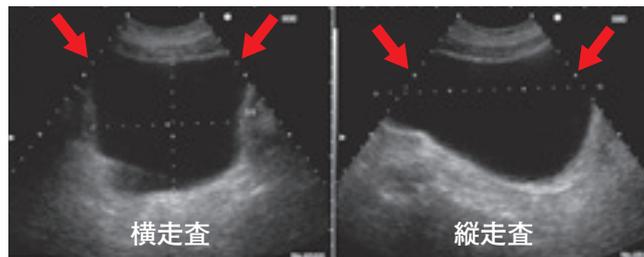
(a) 消化管が落ち込んでいる場合のCT画像 (矢状断)



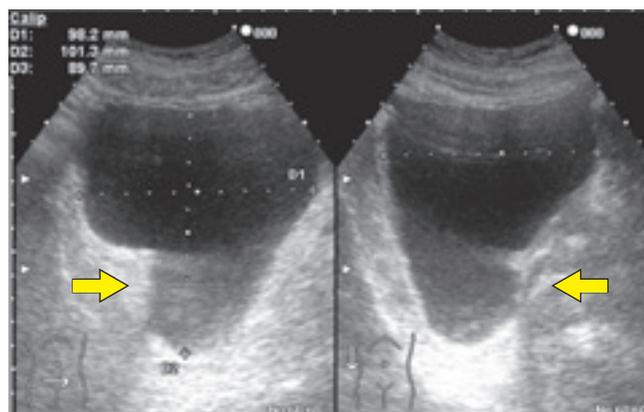
(b) 超音波画像

図7. 膀胱容積が小さい場合の誤差の要因

矢印赤：恥骨部分がスキャン範囲である場合には超音波画像では陰影欠損となる
矢印黄：腸管ガスがスキャン範囲である場合には超音波画像では陰影欠損となる



(a) スキャンアングル内に膀胱全域が入らない場合



(b) 超音波が減衰している場合

図8. 膀胱容積が大きい場合の誤差の要因

矢印赤：スキャン範囲内に全膀胱が入りきらないために膀胱の一部が欠損する
矢印黄：膀胱の深部が超音波の減衰を受けている

帯型であるとともに計測精度も高いことから、より質の高い医療を提供することが可能であり今後の普及が望まれる。

最後に、今回検討した膀胱用超音波画像診断装置の計測精度は非常に高いことが確認できたが、超音波検査は原理や仕組みを理解した上で使用しなければ一定以上の計測精度を担保することは難しい。そのため、使用に際しては事前のトレーニングが必要不可欠である。

参考文献

- 1) Una M et al. Variability of bladder filling in patients receiving radical radiotherapy to the prostate. *Radiother Oncol*, 2006 ; 79 : 335-340
- 2) Naoki N et al. Variability in Bladder Volumes of Full ladders in Definitive Radiotherapy for Cases of Localized Prostate Cancer. *Strahlenther Onkol*. 2010 ; 1-6
- 3) S HYNDS et al. Assessing the daily consistency of bladder filling using an ultrasonic Bladderscan device in men receiving radical conformal radiotherapy for prostate cancer. *British J Radiology*. 2010 ; 1-6
- 4) 大岡均至, 野瀬隆一郎. 携帯型3次元超音波診断装置による膀胱容量測定の有用性と問題点-特に100mL以下の膀胱容積の測定について-. *J Urol*. 2005 ; 96 (6) : 601-609
- 5) Simforoosh N et al. Accuracy of residual urine measurement in men : comparison between real-time ultrasonography and catheterization. *J Urol*. 1997 ; 158 : 59-61

Measurement Accuracy of the Bladder Volume in the Portable Ultrasound Scanning Device

Yoshiyuki KAWASAKI, Yoshitaka NEMOTO, Syunsuke TADOKORO,
Haruka SUZUKI, Yoshiyuki SEYA and Syusei NAKANO

Department of Radiological technology, Hitachinaka General Hospital, 20-1 Ishikawa-cho, Hitachinaka-shi, Ibaraki, 312-0057

SUMMARY

We have examined the measurement accuracy of bladder volume using the portable ultrasound scanning device. The subjects were 35 of performing the radiation therapy treatment of prostate cancer. This time, we compared the bladder volume which was measured by the CT image and the bladder for the ultrasound system.

As a result, we confirmed that it can be measured within the specifications of the bladder for the ultrasound system. Currently, the usage frequency of the ultrasonic diagnostic apparatus in the radiation therapy field is low, so that we look forward to the growth of it. The spread in the future is desired.

Key Words Radiation Therapy, Portable Ultrasound Scanning Device, Bladder Volumes, Measurement Accuracy